तुमच्या चहाच्या कपातील कोडी

लोकोपयोगी विज्ञान

तुमच्या चहाच्या कपातील कोडी

दैनंदिन जीवनातील 100 विज्ञानकोडी

पार्थ घोष
दीपंकर होम

अनुवाद
आर.एम. देशपांडे

चित्रे
सुपर्णो चौधरी



नॅशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया

ISBN 81-237-1572-2

1995 (शके 1917)

रु. 32.00

Riddles in your Tea-cup (*Marathi*)

संचालक, नॅशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया, ए-5, ग्रीन पार्क, नवी दिल्ली-110016 यांनी प्रकाशित केले.

'विश्व निर्मितीचे अथांग वैभव, आणि ज्यांत हे वैभव सातत्याने संक्रमित होत राहते अशा नव्या दमाच्या मनांची अनाघ्रात सर्जनशीलता, यांवरील श्रद्धेला स्मरून मी तुम्हाला सुयश चिंतितो'

जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल

केंब्रिज येथील कॅव्हेन्डीश प्रयोगशाळेच्या पायाभरणी समारंभाच्या वेळचा संदेश.

अनुक्रमणिका

प्रस्तावना

'गूढा'चा अनुभव हा आपल्याला मिळू शकणारा सर्वात सुंदर अनुभव असतो. हाच एक अनुभव खरी कला व खरे शास्त्र यांच्या मुळाशी असतो. ज्याला हे कळत नाही किंवा जो कधी आश्चर्यचकित होऊच शकत नाही, तो जवळपास मृतातच जमा असतो.'

अॅल्बर्ट आईन्स्टाईन

गेली काही वर्षे आम्ही तरुणांशी विचारांची देवाणघेवाण करीत होतो आणि भौतिकशास्त्राशी 'खेळत' होतो. हे करण्यात आम्ही सामान्य घटनांतील भौतिक तत्त्वे समजावून घेत होतो, त्यांच्यातील सौंदर्य स्थळांवर प्रकाश टाकीत होतो, त्यांच्यातील गांभीर्य काय हे पाहत होतो आणि त्या घटनांचा वास्तवतेशी असलेला गूढ संबंध समजावून घेत होतो. यात आम्हाला आनंद होत होता.

जेव्हा आपण नैसर्गिक घटना आणि दैनंदिन जीवनात घडणाऱ्या सामान्य गोष्टी ह्यांच्याशी अतिपरिचित होतो, तेव्हा हा अतिपरिचय त्यांच्यातील गूढत्व आपल्यापासून हिरावून नेतो आणि त्या घटना आणि गोष्टी आपल्याला एकदम सोप्या वाटू लागतात. बरेचदा ह्या घटनांत आनंद व कोड्यात टाकणारे प्रश्न लपलेले असतात. असले चमत्कार आणि घटना शोधण्यात आणि त्यांच्यात दडलेले रहस्य उलगडण्यात आमचे अगणित तास खर्ची पडत. त्यामुळे आम्हाला आनंद मिळत असे.

आपल्या प्रसिद्ध आत्मचरित्रात रिचर्ड फाईनमान एक आठवण सांगतात ती येणेप्रमाणे. कॉर्नेल विद्यापीठाच्या चहापानगृहामध्ये एक व्यक्ती चाळे करीत फिरतांना त्यांनी पाहिली. त्या व्यक्तीने एक ताटली हवेत फेकली. त्या ताटलीवर कार्नेल विद्यापीठाचे एक पदक होते. त्या पदकाचा रंग लाल होता. ही ताटली हवेत फेकली असताना फाईनमान ह्यांना असे आढळले, की लाल पदकाचा गोल फिरण्याचा वेग हा हेलकावे खाण्याच्या वेगापेक्षा जास्त होता. ह्या घटनेबद्दल ते विचार करू लागले. संबंधित भौतिकशास्त्राशी 'खेळू' लागले. ते म्हणतात

'ताटलीच्या हेलकाव्यावर उगाच केलेला विचार, त्यासाठी काढलेल्या आकृत्या, त्या संबंधात झालेला अभ्यास इत्यादींनी मला नोबेल पुरस्कार मिळवून दिला.' त्यामुळे आमच्या विशेषत: तरुण वाचकांना अशी विनंती करावीशी वाटते की त्यांनी अतिपरिचित आणि वरवर अत्यंत क्षुल्लक वाटणाऱ्या घटनांतील खाचाखोचा व गूढत्व शोधावे. ह्या अतिपरिचित घटनांकडे दुर्लक्ष करू नका. कदाचित् असे करण्याने तुम्ही नोबेल पुरस्कार गमावून बसाल.

'सायन्स टुडे' (आजचे नाव '2001') व 'अमृत बाजार पत्रिका' ह्यांच्या स्तंभातून केलेल्या नियमित लेखनामुळे प्रस्तुत पुस्तक साकार झाले आहे. ज्यांनी आम्हाला कोड्यांची फक्त उत्तरेच नव्हे, तर कोडी देखील पुरविली, त्या सर्व उत्साही वाचकांचे आम्ही ऋणी आहोत. आमचे हितचिंतक अनेक आहेत. त्या सर्वांचे व्यक्तिश: आभार मानणे कठीण आहे. उपरोक्त नियतकालिकांच्या स्तंभामधून आम्ही त्यांचे वेळोवेळी आभार मानलेच आहेत. अर्थातच दूरदर्शनवरील 'क्वेस्ट' ह्या कार्यक्रमामुळे आमच्या प्रस्तुत कार्याला चालना मिळाली. 'क्वेस्ट' ह्या कार्यक्रमात आम्हा दोघांपैकी एकाला काही काळ काम करण्याची संधी मिळाली होती. 'दि फ्लाईंग सर्कस ऑफ फिजिक्स', जे वॉकर, विले, 1975 आणि 'क्लाऊडस् इन ए ग्लास ऑफ बिअर', सी.एफ. बोहरेन, विले, 1987 ही दोन पुस्तके आम्हांला प्रेरणादायी झाली.

भौतिकशास्त्राच्या पुस्तकात नेहमी उष्णता, प्रकाश, ध्वनी वगैरे विषयवार भाग पाडलेले असतात. प्रस्तुत पुस्तकात आम्ही असे भाग पाडले नाहीत. कोडी कुठे आढळतात त्यानुसार आम्ही पुस्तकाचे भाग पाडले आहेत. काही कोडी आपल्याला स्वयंपाकघरात, काही निसर्गात, काही खेळाच्या मैदानात, काही सिनेमा पाहतांना तर काही कादंबरी वाचताना आढळतात. आम्हाला असे विभाजन अधिक मनोरंजक व नैसर्गिक वाटते. शेवटच्या भागात अशी काही कोडी दिली आहेत की आमच्या मते त्यांची उत्तरे अजूनही सापडली नाहीत. किंवा त्यांची उत्तरे सरळ सोपी नाहीत. आपल्याला आमची कळकळीची विनंती ही आहे की, कोडी सोडवितांना रिचर्ड फाईनमानची वृत्ती ठेवा.

हे पुस्तक वाचताना तुम्हाला आनंद होईल, अशी आम्ही आशा करतो. कृपया पुस्तक अतिशय चिकित्सकपणे वाचा. हे करीत असताना तुम्हाला शेवटच्या भागातील एखाददोन कोडी सुटली किंवा नवीन कोडी सापडली किंवा तुम्हाला आम्ही दिलेल्या उत्तरांबाबत काही आक्षेप असतील तर आम्हाला जरूर कळवा. ते प्रकाशित करण्याची आम्ही काळजी घेऊ. तुमच्याकडूनही काही ऐकण्यास आम्ही उत्सुक आहोत.

पुस्तकातील स्पष्टीकरणात्मक आकृत्या व हास्यकारक चित्रे श्री. सुपर्णो चौधरी ह्यांनी काढली आहेत. त्यांच्या समवेत काम करतांना आम्हाला आनंद झाला.

पार्थ घोष

दीपंकर होम

1

किटलीचे गुणगुणे

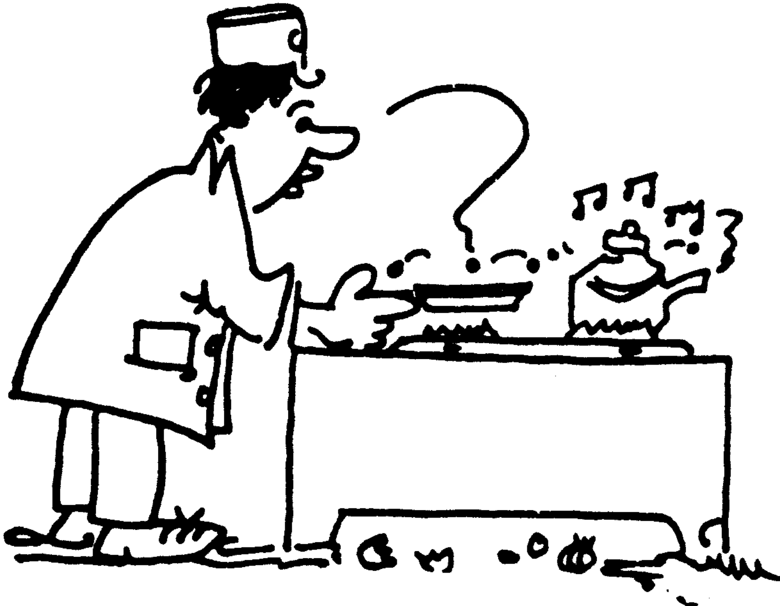
(स्वयंपाकघरातील भौतिकशास्त्र)

"आपले सर्व ज्ञान आपल्याला अज्ञानाच्या अधिक जवळ आणते."

टी.एस. इलियट

किटलीचे गुणगुणे

स्वयंपाकातील
भौतिकशास्त्र



किटलीचे गुणगुणणे



किटलीत पाणी उकळविणे हे आपल्यापैकी बहुतेकांचे नित्याचे काम असते. किटली विस्तावावर ठेवल्यानंतर काही क्षणातच किटलीपासून ऐकू येणारा विशेष प्रकारचा आवाज आपल्याला परिचित आहेच. या आवाजाला किटलीचे गुंजन म्हणतात. हा आवाज हळूहळू वाढतो आणि किटलीतील पाणी उकळू लागताच तो एकदम कमी होतो. किटलीच्या या गुंजनाबाबत तुम्ही कधी विचार केला आहे का ?

चहाच्या कपात चमचा



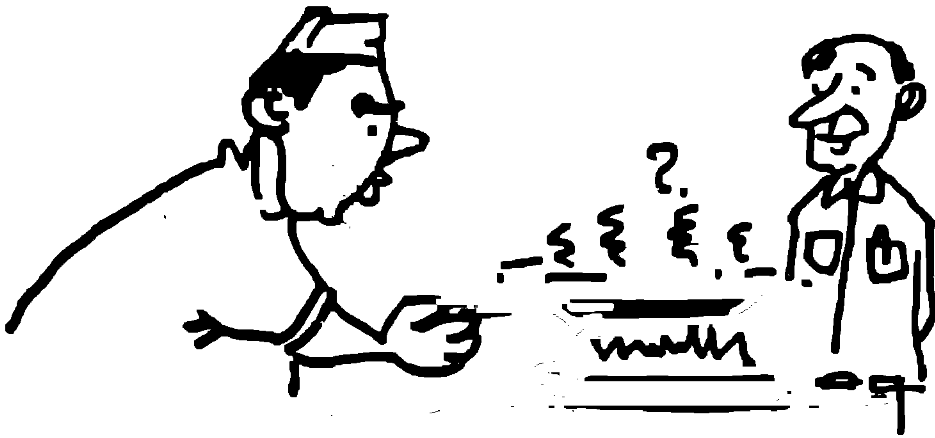
अनुभवी गृहिणी चिनीमातीच्या कपात गरम चहा ओतण्यापूर्वी धातूचा एक चमचा घालून ठेवते. असे का ? कोणता कप वापरणे अधिक सुरक्षित ? पातळ कडेचा की जाड कडेचा ?

बर्फाच्या तबकाला जिभेने स्पर्श करू नका



बर्फाच्या तबकाला तुम्ही कधी हाताने स्पर्श केला आहे का ? स्पर्श केला असताना तुम्हाला असे आढळून आले असेल की तुमची बोटे त्याला चिकटतात. याचे कारण काय ? जिभेने तबक चाटण्याचा प्रयत्न करू नका. तुम्हाला त्रास होईल.

फर्मीपासून कढईकडे



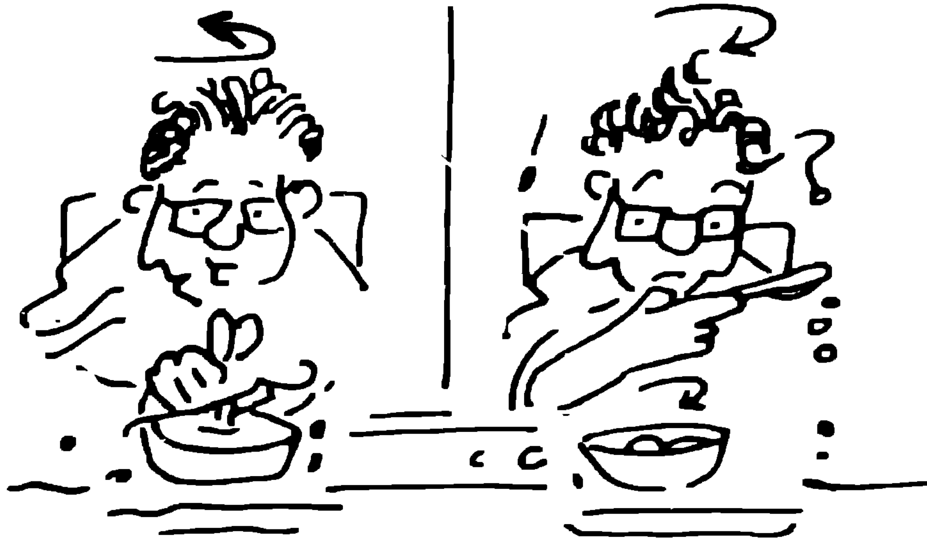
विख्यात इटालियन शास्त्रज्ञ फर्मी यांनी विद्यार्थ्याला परीक्षेच्या वेळेस प्रश्न विचारला : 'ऑलिव्ह तेलाचा उत्कलनांक कथिलाच्या द्रवणांकापेक्षा जास्त आहे. तरीपण अन्न पदार्थ तळण्यासाठी कढईमध्ये ऑलिव्ह तेल वापरतात. का ? ते स्पष्ट करा.' (इटली मधील तांब्याच्या कढयांना आतून कथिलाचा मुलामा चढविलेला असतो.)

उतू जाणारा द्रव



दूध उकळत असताना सारखे उतू जात असते. ही एक कटकटीची बाब असते. दूध उतू न जाऊ देण्यासाठी सारखे लक्ष ठेवावे लागते. काही जण असे सांगतात की दुधामध्ये सुरवातीपासूनच एक चमचा टाकल्यास दूध उतू जात नाही आणि कायम लक्ष ठेवण्याचा त्रास वाचतो. दुधात आणि वरणातसुद्धा असा कोणता गुणधर्म असावा, की ज्यामुळे त्यात चमचा टाकल्यास उतू जाणे बंद होते ?

सूपमधील भोवरे



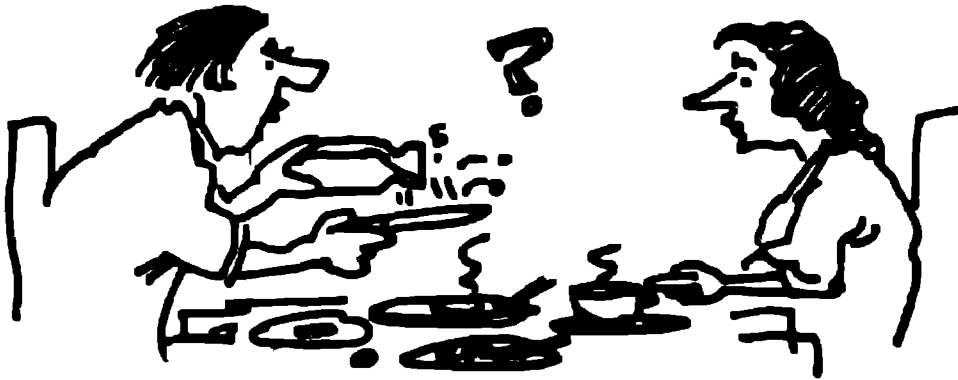
जेवणाच्या वेळेस वाडग्यात थोडेसे घट्ट असे सूप अथवा तवखीर घ्या. त्याला चमच्याने ढवळा. नंतर चमचा काढून घ्या व काही क्षण गरगर फिरणाऱ्या द्रवाचे निरीक्षण करा. तुम्हाला असे आढळेल की द्रवाचे गरगर फिरणे बंद होण्याच्या आधी अत्यंत थोडा वेळ द्रव उलट्या दिशेने फिरू लागतो. या चमत्कारासाठी द्रवाचा कोणता गुणधर्म कारणीभूत आहे ?

स्वयंपाकघरातील सिंक



जेव्हा केव्हा स्वयंपाक घरात जाल तेव्हा सिंकमधील नळाची तोटी चालू करा. सिंकच्या तळावर आदळणारे पाणी तळावर पसरते व त्याचा एका विशिष्ट त्रिज्येचा वर्तुळाकार पातळ थर तयार होतो. त्यानंतर या थराची जाडी एकदम वाढू लागेल आणि पडणाऱ्या धारेभोवती जणू काही पाण्याची वर्तुळाकार भिंत तयार झाली आहे असे दिसेल. पाण्याची धार सपाट फरशीवर पडल्यास अशी भिंत तयार होत असते. हा चमत्कार तुम्ही बऱ्याच वेळेस पाहिला असेल. हे असे का, याचा विचार तुम्ही कधी केला आहे का ?

गोड प्रश्न



उभट भांड्यात मध घेऊन तो हळूवारपणे ओता. मधाच्या जाड धारेमध्ये सुरीचे पाते न्या. तुम्हाला असे दिसेल, की सुरीच्या पात्यावरील धारेची लांबी कमी होत जाते व या धारेतील मध भांड्यात वापस जातो. या प्रयोगासाठी मध जोराने ओतू नका. मध थेंब थेंब पण सतत पडेल अशा तऱ्हेने ओता. तुमच्या मते हा गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध परिणाम होण्याचे कारण काय असावे ?

चहाच्या कपात आईन्स्टाईन



इरविन श्रॉडीन्जर हा एक प्रसिद्ध भौतिकशास्त्रज्ञ होता. त्याने अणूतील कणांच्या गतीचा अभ्यास करण्यासाठी एक समीकरण शोधून काढले. न्यूटनच्या दुसऱ्या गती विषयक सिद्धांताऐवजी हे समीकरण वापरण्यात येते. न्यूटनचा हा सिद्धांत व्यवहारातील नेहमीच्या वस्तूंसाठी उपयोगी पडतो. श्रॉडीन्जरच्या पत्नीला कपामध्ये चहा ओतताना आईन्स्टाईनची नेहमी आठवण होत असे. कारण आईन्स्टाईनने त्या उभयतांना दाखवून दिले की, कपातील चहामध्ये चमचा फिरविला असताना चहाची पत्ती कपाच्या तळाशी मध्यभागी गोळा होते. वास्तविकपणे चहाची पत्ती चहाच्या द्रवापेक्षा जड असल्यामुळे, ती चमचा फिरविला असताना कपाच्या तळाशी मध्यभागी गोळा न होता कपाच्या उभ्या कडेला लोटली गेली पाहिजे. पण तसे होत नाही. तुम्ही जेव्हा केव्हा चहा घ्याल तेव्हा कपामध्ये प्रथम चहाचा काढा पत्तीसह घ्या. त्यात दूध टाकण्यापूर्वी काढा चमच्याने ढवळा आणि पत्ती कुठे गोळा होते ते बघा. वृत्तीयगतीतील अपकेंद्री बलामुळे पत्ती कपाच्या उभ्या कडेला लोटली न जाता ती तळाच्या मध्यभागी का गोळा होते ?



2

आपली रोजची भाकरी

जटिल गणितीय सिद्धांत मांडणे किंवा प्रयोगाचे कर्मकांड करणे हा काही विज्ञानात महत्वाचा मुद्दा नाही. एखाद्या प्रयोगात अथवा घटनेत काय घडणार याचे भाकीत करताना दिसणारा प्रांजळपणा हाच विज्ञानाचा खरा आत्मा आहे !

सॉल पॉल सिरग

रोजची भाकरी



पेय घ्या



पेय पिताना आपण त्या पेयाने भरलेला पेला अथवा कप आपल्या ओठांजवळ नेतो व पेय तोंडाने आत ओढतो. कोणत्या कारणामुळे हे पेय आपल्या तोंडात जाते ? कोणत्याही पेयाने भरलेली बाटली घ्या व तिचे तोंड तुमच्या ओठांनी बंद करा. आता बाटली तोंडात उपडी न करता तिच्यातील द्रव तोंडाने ओढण्याचा प्रयत्न करा. काय होईल ?

साबण आणि मळ



साबणामुळे आपल्या शरीरावरील व कपड्यातील मळ का निघतो, याबद्दल तुम्हाला काही कल्पना आहे का ?

जळती ज्योत



जळती मेणबत्ती अथवा आगपेटीची जळती काडी हातात घ्या. ज्योत मागील बाजूस कललेली दिसेल. या ज्योतीला कंदीलाच्या काचेत ठेवून अथवा हाताने संरक्षण देऊन पुढे नेल्यास ती कोणत्या बाजूला कललेली दिसेल ?

गमतीदार नसराळे



नसराळ्याच्या साहाय्याने बाटलीमध्ये द्रव ओतताना तुम्हांला असे आढळते की ज्या ज्या वेळेस द्रव नसराळ्यात जमा होतो व बाटलीत जात नाही, त्या त्या वेळेस नसराळे थोडे वर उचलावे लागते. याचे कारण तुम्हाला माहीत आहे का ?

विझली !



कोणीही विझविली नाही, तरी सुद्धा वाऱ्याच्या झोतामुळे विझलेली जळती मेणबत्ती आपण पाहिली आहे. ही अगदी सामान्य गोष्ट सुद्धा आपल्याला बुचकळ्यात टाकणारी आहे. वाऱ्याच्या झोतामुळे खरे म्हणजे जळत्या मेणबत्तीला जास्त प्राणवायू (जो ज्वलनास आवश्यक आहे) मिळतो. मग ती झोतामुळे का विझावी ?

हळू इस्त्री करा



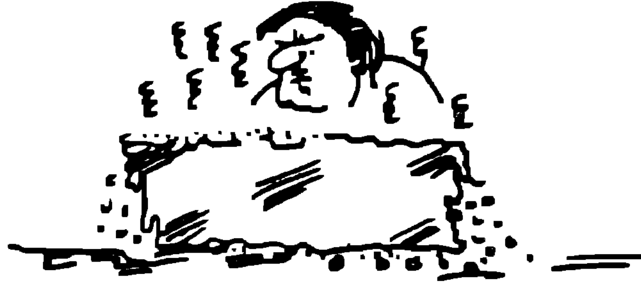
इस्त्री करण्यापूर्वी खळ लावलेल्या कपड्यांवर थोडे पाणी शिंपडण्याची प्रथा आहे. पाणी शिंपडण्यामुळे इस्त्री करताना काय फायदा होतो ?

आग ! आग !



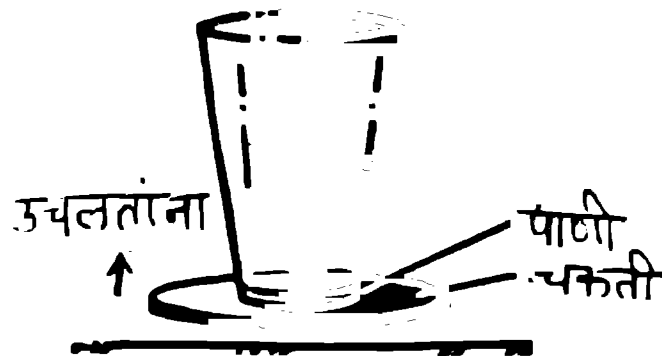
आग पाहिली की आपण ती विझवू पहातो. त्यासाठी आपण पाण्याकडे धाव घेतो. मोठमोठ्या आगी विझविण्यासाठी अग्निशामक दले देखील पाणीच वापरतात. स्वयंपाक झाल्यावर घासलेटचा जळता स्टोव्ह विझविण्यासाठी आपण त्यावर पाणी शिंपतो. कोणत्या कारणामुळे पाणी हे योग्य अग्निशामक झाले आहे ?

बर्फाचा धूर



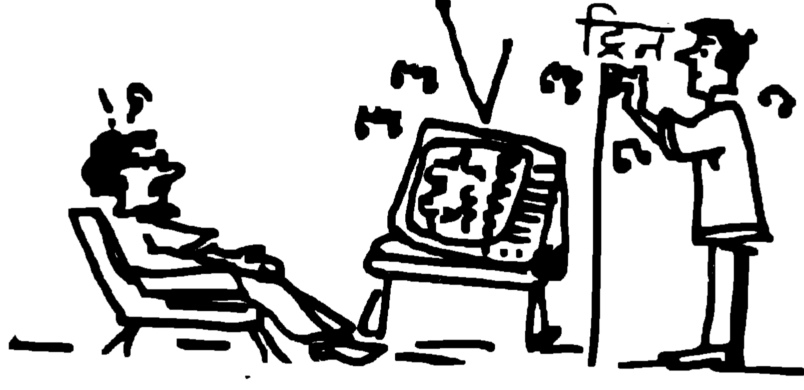
हवा सन्मुख बर्फाच्या लादीसभोवती तुम्ही धूर कधी पाहिला का ? हा धूर कशाचा असतो आणि तो का तयार होतो ?

तबकडी सोबत



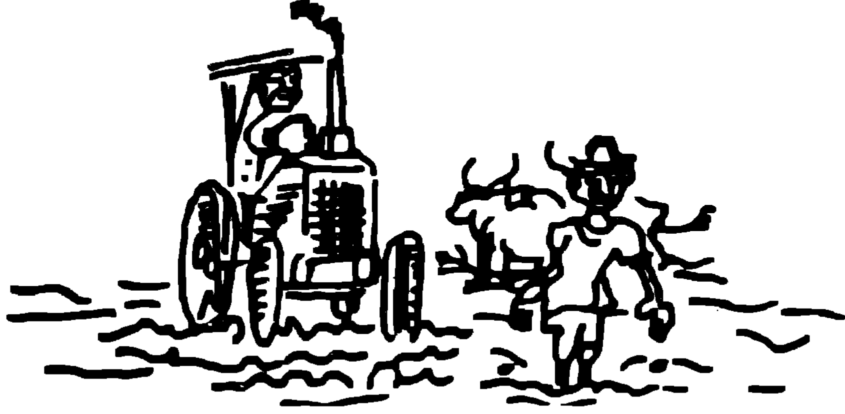
टेबलाचा पृष्ठभाग खराब होऊ नये म्हणून गोल चकती ठेवतात आणि मग त्यावर चहाचा कप अथवा पेयाने भरलेला पेला ठेवतात. या चकतीला कोस्टर असे म्हणतात. बाह्य तळ ओला असलेला आणि द्रवाने भरलेला पेला या चकतीवर ठेवा. पेला उचलताना असे आढळते की चकतीचा कल पेल्याला चिकटण्याकडे आहे. याचे कारण काय असावे ?

दारावरील विद्युत घंट्या व दूरदर्शन संचाचे पडदे



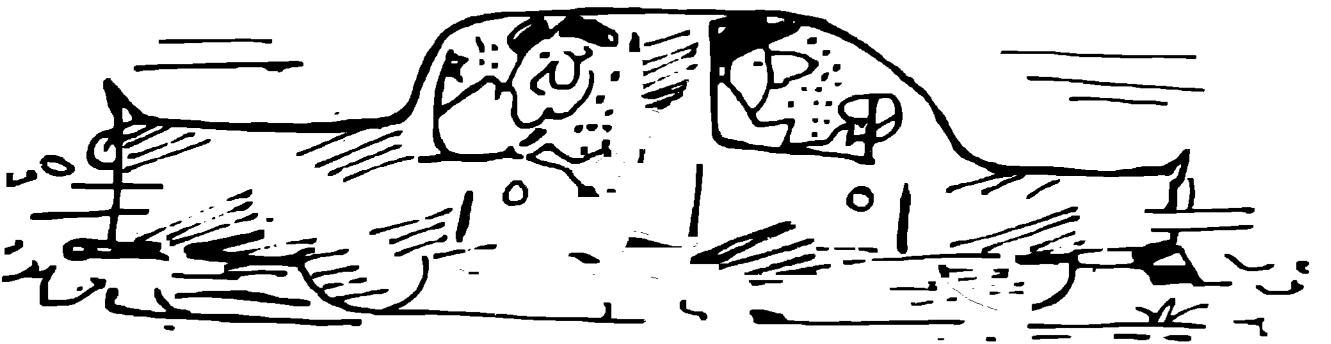
दूरदर्शन संच चालू असताना दरवाज्यावरील विद्युत् घंटेचे कोणी बटण दाबल्यास संचाच्या पडद्यावर विक्षोभ निर्माण होतो. याची तुम्ही नोंद घेतली आहे का ? हा विक्षोभ का निर्माण होतो ?

ट्रॅक्टर आणि म्हशी



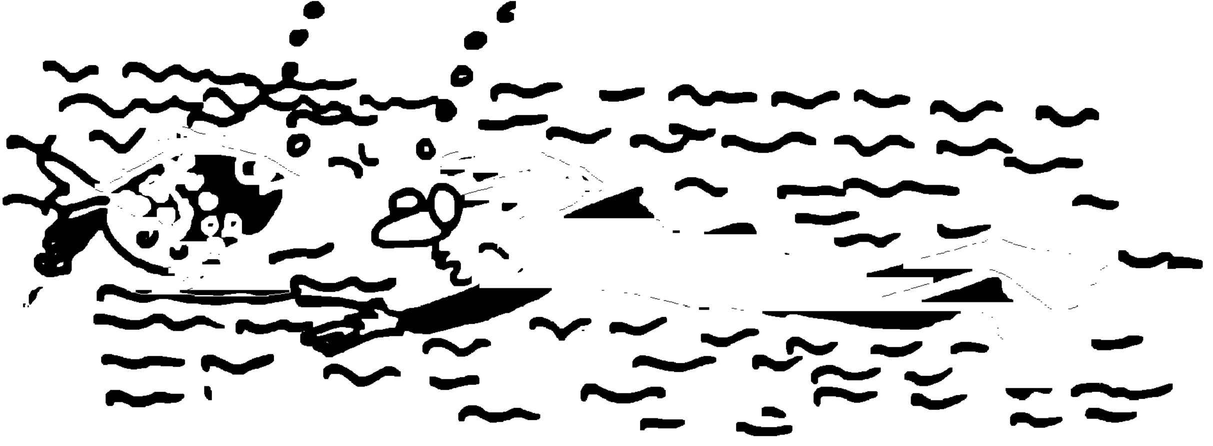
मऊ जमिनीवर अथवा चिखलात ट्रॅक्टर न रुतता पुढे जाऊ शकतो, पण शेतकरी अथवा म्हैस यांचे पाय वरील प्रकारच्या जमिनीत रूतून बसतात, असे का ?

बाटली फेकणे



समजा, तुम्ही मोटारीतून प्रवास करीत आहात व तुमच्या हातात एक काचेची बाटली आहे. मोटारसापेक्ष कोणत्या दिशेने ती बाटली बाहेर फेकावी की जेणेकरून जमिनीवर आदळताना बाटली फुटण्याचा धोका कमीत कमी राहील ?

पाण्याखालून पोहणे



पाण्यातून पोहताना गॉगल वापरल्यास अधिक स्पष्ट दिसते, हे तुम्हाला माहीत असेलच. असे का ?

अंधत्व निर्माण करणारा प्रकाश



रात्रीच्या वेळेस रस्त्यावरून जाताना विरुद्ध दिशेने येणाऱ्या मोटारीचे दिवे चालू असल्यास आपल्याला आवडत नाही. कारण त्या दिव्यापासून येणाऱ्या प्रखर प्रकाशझोतामुळे आपले डोळे दिपून जातात. तसेच रात्रीच्या वेळेस विद्युत् पुरवठा बंद झाल्यास क्षणभर का होईना, आपल्याला काहीच दिसत नाही. नंतर हळूहळू आपले डोळे जुळवून घेतात व अस्पष्टपणे आपल्याला अवती भवतीच्या वस्तू दिसू लागतात. आपल्या डोळ्यांवर प्रकाशाचा असा परिणाम का होतो ?

दूरदर्शन संचाशी गुणगुणणे



दूरदर्शन संच चालू करा व त्याच्यापासून काही अंतरावर बसून संचाच्या पडद्याकडे बघा. आता तुम्ही काही स्वरमानाने (पिच) गुणगुणणे चालू केल्यास तुम्हाला संचाच्या पडद्यावर क्षितिज समांतर रेखा दिसतील. ह्या रेखा गुणगुणणाऱ्या व्यक्तीसच फक्त दिसतात. अमेरिकेतील फ्लॉरिडा भागातील फिलीप सी. विल्यम्स् ह्या गृहस्थास उपरोक्त चमत्कार आढळून आला. त्यांनी 'नेचर' (खंड 239, पृष्ठ 407, 1972) ह्या नियतकालिकात ह्याविषयी लिहिले आहे. गुणगुणण्याचे स्वरमान कमी जास्त करून ह्या क्षितिज समांतर रेखा संचाच्या पडद्यावर स्थिर ठेवता येतात किंवा खाली वर सरकवता येतात. हे विचित्रच नव्हे का ?

चॉकलेटचे वेटोळे



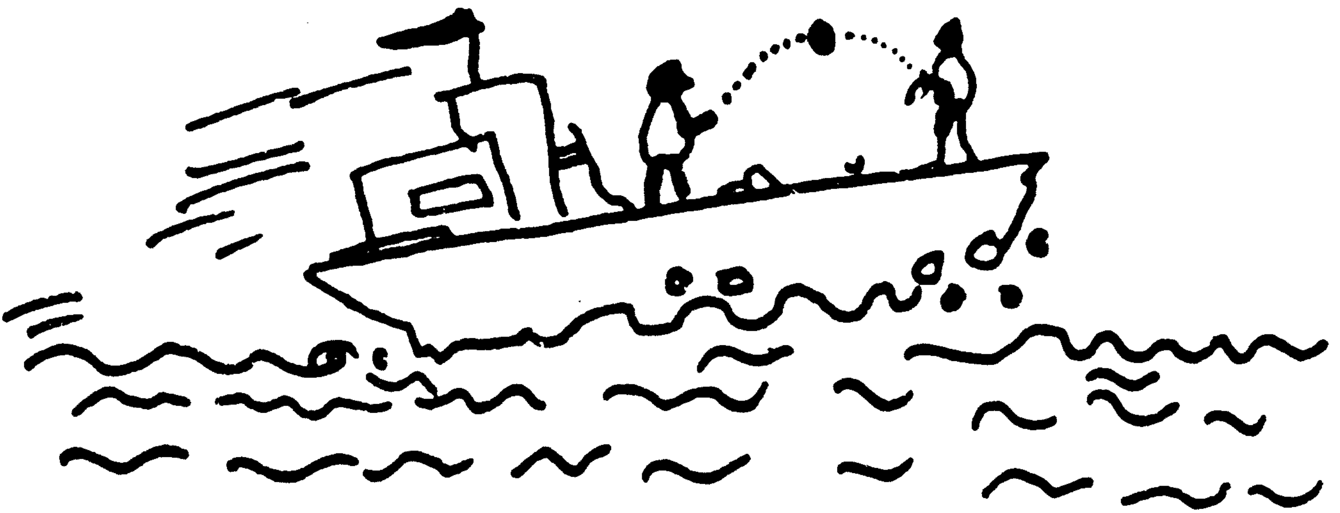
घट्ट द्रवरूप चॉकलेट सपाट पृष्ठभागावर अथवा आईस्क्रीमच्या लादीवर ओतल्यास त्याचे वेटोळे होते. हे पाहताना तुम्हाला जरा विचित्रच वाटले असेल. भूतलावरील कोणत्या कारणामुळे चॉकलेटचे असे वेटोळे होते ?

पाळण्यात आराम करा



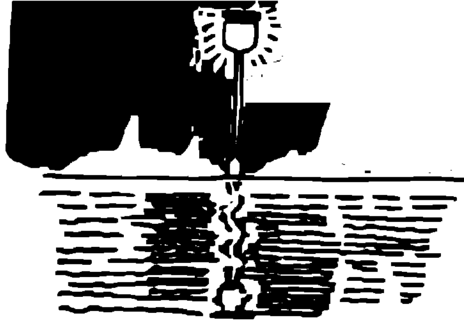
काथ्याच्या दोऱ्या मुलायम नसतात. तरी देखील अशा दोराच्या तुकड्यांपासून केलेल्या पाळण्यात पडून राहणे अधिक आरामशीर वाटते. स्टुलाचा वरचा भाग सपाट असतो. स्टुलावर बसण्यापेक्षा खुर्चीवर बसणे अधिक आरामशीर असते. असे का ?

जहाजावरील खेळ



संथ गतीने पुढे जाणाऱ्या गलबतावर दोन मित्र चेंडू खेळत आहेत. त्यापैकी एक गलबताच्या मागील बाजूस तर दुसरा पुढील बाजूस उभा आहे. वाऱ्याच्या परिणामाकडे दुर्लक्ष केल्यास त्या दोघांपैकी कोणास आपल्या सोबत्याकडे चेंडू फेकणे अधिक सुलभ जाईल ?

लांब पण तुटक



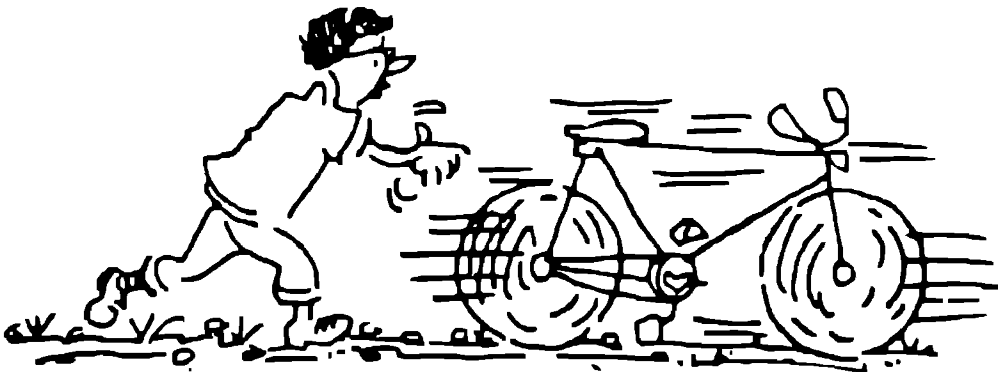
तलावाच्या अथवा डबक्याच्या काठावर असणाऱ्या रस्त्यावरील दिव्याची प्रतिमा लांबलचक पण तुटक दिसते. हा आपला नेहमीचा अनुभव आहे. ह्याचे कारण तुम्हाला माहीत आहे का ?

बूट पॉलिश



आमच्या मित्राचे चिरंजीव एक दिवस जोड्याला पॉलिश करीत होते. चिकट पॉलिश व ब्रश या दोन्हींचा जोड्याच्या चकाकीशी काहीसुद्धा संबंध नाही. आमचा मित्र बुचकळ्यात पडला. त्याची समस्या सोडविण्यासाठी करू शकाल का आपण मदत ?

स्वार झाल्यावरच



दुचाकी अथवा अरुंद धाव असलेले चाक मैदानावर आपण सरळ उभे ठेवू शकत नाही. पण तिला लोटण गती दिल्यास ती न पडता सरळ उभी राहू शकते. तुमच्या मते याचे काय कारण असावे ?

शिळेतला सुस्वर



आनंदी मनःस्थितीत असताना बऱ्याच वेळा तोंडाने शीळ वाजवत लोक सुस्वर निर्माण करतात. हे नाद माधुर्य निर्माण होत असताना नेमके काय होत असते ?

कागद फाडा



कागद फाडताना एक विशेष प्रकारचा आवाज तुम्ही ऐकला असेल. कागद जलदपणे फाडला असताना ऐकू येणाऱ्या आवाजाचे स्वरमान जास्त असते, ह्याचीपण तुम्ही नोंद घेतली असेलच. असे का व्हावे ? या बाबत तुम्हाला काही कल्पना आहे का ?

बापरे ! किती थंड ?



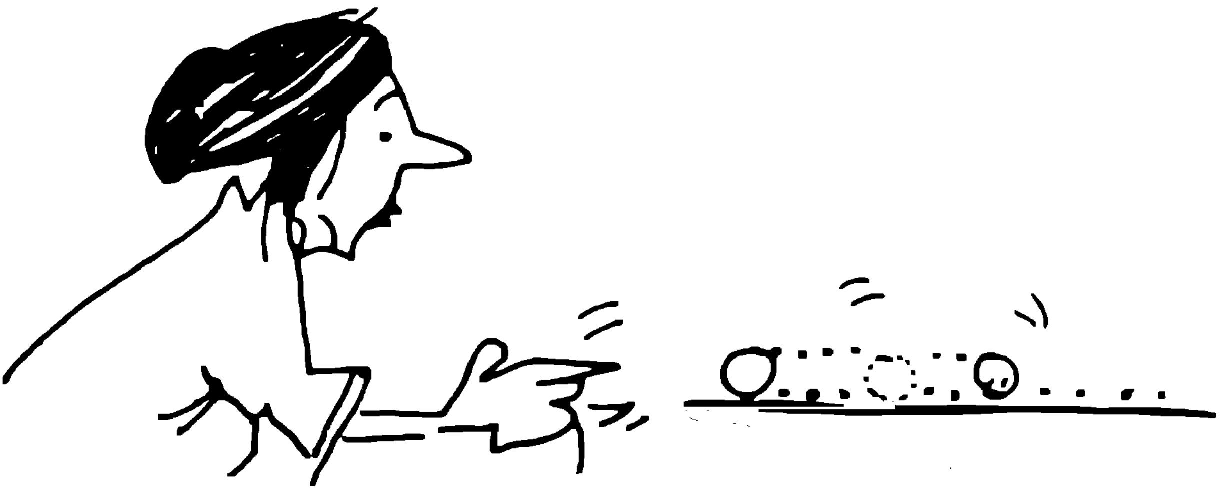
तुम्ही समुद्रसपाटीपासून खूप उंच असलेल्या गावी कधी गेला आहात का ? तिथे नेहमीच थंड वाटते. नाही का ? असे ठिकाण खरे म्हणजे समुद्रसपाटीपासून हजारो फूट उंच असून ते सूर्याच्या जवळ असते. तरीसुध्दा तिथे थंड का वाटावे ?

आरशावरील बाष्प



स्नानगृहात आपण गरम पाण्याच्या वर्षावाखाली स्नान करतो. स्नानानंतर आपल्याला असे आढळते की स्नानगृहाच्या भिंतीवर टांगलेल्या आरशावर बाष्प जमा झाले आहे. बाहेर जोरदार पाऊस पडत असताना मोटारीच्या काचांच्या आतील बाजूवर असेच धुके जमा झालेले दिसते. आरशावरील अथवा काचांवरील धुके टाळण्यासाठी एक सोपा उपाय आहे. तो उपाय व त्याची कार्यपद्धती आपणास ठाऊक आहे का ?

नाण्याचे लोटण



टेबलवर एक रुपयाचे नाणे ठेवा. ते असे की, नाणे त्याच्या कडेवर आधारलेले असेल व सरळ उभ्या प्रतलात राहील. अशा तऱ्हेने नाणे स्थिर राहात नाही. त्याचा कल कोणत्या तरी एक बाजूस पडण्याकडे असतो. आता नाण्याला धक्का द्या. तुम्हाला असे आढळेल की थोडा वेळ नाण्याचे संथपणे लोटण होते आणि नाणे न पडता सरळ उभ्या प्रतलातच राहाते. असे का व्हावे ?

3

खेळण्याची वेळ

“रिंगणा भोवती आपण नृत्य करतो आणि मनात खूणगाठ बांधतो. मधोमध असते रहस्य, ते सारे जाणून असते.

रॉबर्ट फ्रॉस्ट

खेळण्याची वेळ

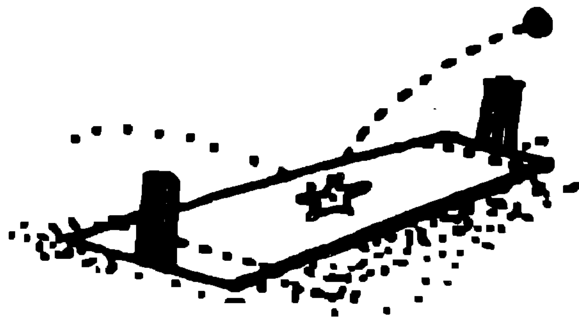


बिलिअर्डच्या खेळातील गूढ



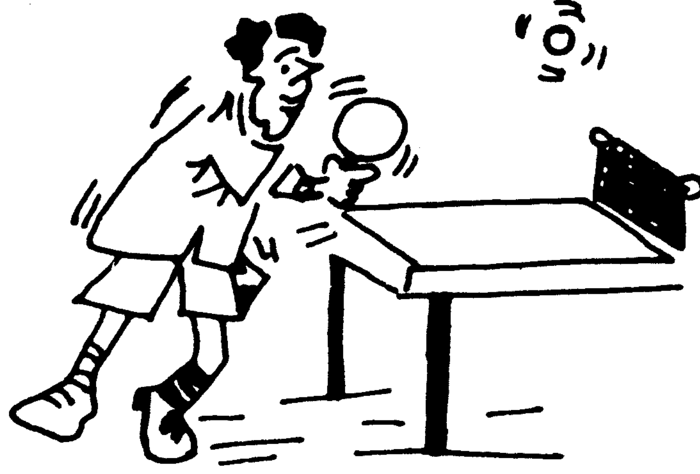
अवतीभोवती आढळणाऱ्या प्रत्येक गोष्टीबद्दल रामन अत्यंत चिकित्सक असत. बिलिअर्डच्या खेळात दोन चेंडू एकमेकांवर आदळतांना होणाऱ्या टिक् ह्या आवाजाने देखील त्यांचे लक्ष वेधून घेतले. अत्यंत सामान्य दिसणाऱ्या या गोष्टीमागे भौतिकशास्त्रातील अनपेक्षित बारकावे असतील, याबद्दल तुम्हाला थोडीसुद्धा शंका येईल का ? रामन यांनी या 'टिक्' आवाजाचा अतिशय काळजीपूर्वक अभ्यास केला आणि काही अनपेक्षित अनुमान काढले. त्यांना असे आढळले की 'टिक्' या आवाजाची तीव्रता बिलिअर्डच्या टेबलाभोवती भिन्न दिशांना भिन्न असते. कोणत्या दिशेला ही तीव्रता महत्तम असेल ? आणि त्या दिशेला ती महत्तम का असावी याबद्दल तुम्हाला काही कल्पना आहे का ? याबाबत तुम्ही स्वत: प्रयोग करून उत्तर शोधल्यास उत्तम. या प्रयोगासाठी बिलिअर्डच्या खेळातीलच चेंडू पाहिजेत असे नाही. काचेच्या साध्या गोट्या देखील चालतील. प्रो. रामसेशन (रामन संशोधन संस्था, बंगलोर) यांनी आम्हाला या प्रश्नावर विचार करण्यास प्रवृत्त केले. त्याबद्दल आम्ही त्यांचे आभारी आहोत.

क्रिकेटचा खेळ



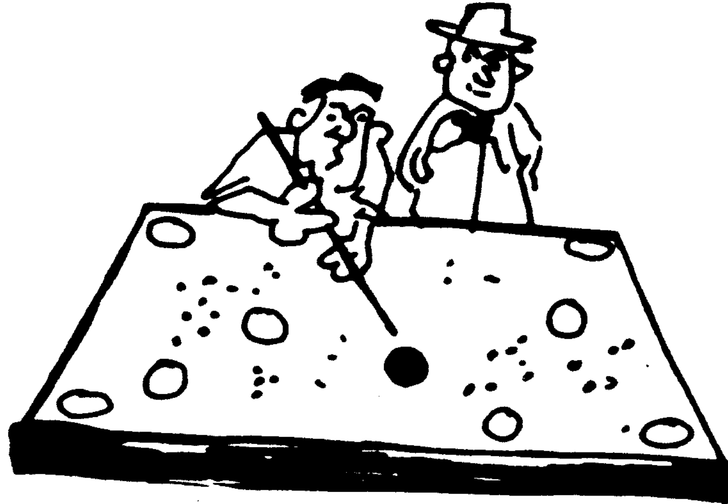
क्रिकेच्या खेळात गोलंदाज हा फलंदाजाकडे चेंडू फेकीत असतो. हा चेंडू खेळपट्टीवर आदळल्यास फलंदाजाकडे अधिक वेगाने जातो, याची तुम्ही कधी नोंद घेतली आहे का ? यामागे काय कारण असावे ?

टॉप स्पिन्



टेनिस आणि टेबल टेनिस या खेळांत खेळाडू चेंडूला टॉप स्पिन् देत असतात. यामुळे चेंडू खालच्या बाजूस वळतो आणि अपेक्षित ठिकाणाच्या आधीच जमिनीवर अथवा टेबलावर आदळतो. चेंडूला टॉप स्पिन् दिल्यास चेंडू प्रक्षेपण दिशेला लंब असणाऱ्या व्यासाभोवती फिरतो. चेंडूचा स्पिन् आभ्राम त्याला त्या दिशेने का वळवितो ?

अनुवर्ती फटके



स्नूकर किंवा बिलियर्डच्या खेळात आपल्याला अनुवर्ती फटके बघावयास मिळतात. ह्या खेळात प्रधान चेंडू दुसऱ्या (सारख्याच वस्तुमानाच्या) चेंडूला फटका देतो. दुसऱ्या चेंडूला फटका मिळाल्यावर तो पुढे जातो. प्रधान चेंडू दुसऱ्याच्या मागे काही काळ जातच राहतो. दुसऱ्या चेंडूला पूर्ण वेग प्राप्त झाल्यावर देखील प्रधान चेंडू काही काळ त्याच्यामागे जातच राहतो. ह्यावरून ऊर्जा अक्षय्यतेच्या नियमाचे उल्लंघन झालेले दिसते. ह्या अनुवर्ती फटक्यांचे तुम्ही काय स्पष्टीकरण कराल ?

4

प्रवाह, द्रायूचा प्रवाह !

"आतापर्यंत मी फक्त स्वतःच्या डोळ्यांनी पाहिले. आता मला ते बुद्धीने पहावयाचे आहे."

रवींद्रनाथ टागोर



धुराचे भोवरे



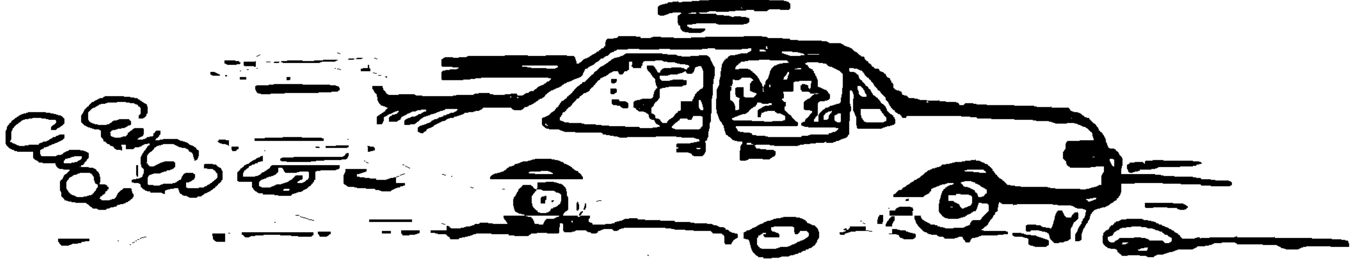
वारा नसतांना रक्षापात्रावर ठेवलेल्या जळत्या सिगारेटपासून धूर संथपणे वर जाताना दिसतो. एका विशिष्ट ठिकाणापासून त्या धुराचे एकदम भोवरे तयार होतात हे तुम्ही पाहिले असेलच. असे का व्हावे ?

फडफडणारा झेंडा



वाऱ्यामुळे झेंडा फडफडतो हे आपल्या नेहमीच्या पाहण्यातील दृश्य. असे का व्हावे, याबाबत आपल्यापैकी किती जणांनी विचार केला असेल ? वाऱ्यामुळे झेंडा का फडफडावा ? सांगू शकाल याचे कारण ?

बुचकळयात टाकणारे फुगे



आमचे मित्र प्रो. ऑर्थर डी. याधीजन (कॉंकॉर्ड, मॅसॅच्युसेटस्, अमेरिका) एकदा आपल्या कुटुंबासमवेत कारने प्रवास करीत होते. त्यांच्या कारमध्ये हिलीयम वायूने भरलेले फुगे सोडलेले होते. त्यांना असे आढळून आले की, ज्या ज्या वेळेस ते कारचा वेग वाढवीत (म्हणजेच कारला त्वरण प्राप्त होतांना) त्या त्या वेळेस हे फुगे उसळ्या मारून पुढे येऊन त्यांच्या मानेजवळ गर्दी करीत असत. आणि ज्या वेळेस ते ब्रेक लावीत असत (कारचा वेग कमी करतांना) त्या त्या वेळेस हे फुगे मागे जाऊन कारच्या मागील खिडकीवर दाब देत असत. असे का होत असावे ?

गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध परिणाम



केशिका (अत्यंत बारीक रंध्र असलेली नलिका) द्रवात बुडविल्यास द्रव केशिकेत वर चढलेला दिसतो. टीपकागदाचे कार्य याच तत्वावर आधारित आहे. टीपकागदात बऱ्याच केशिका असतात. टॉवेलमध्ये देखील कापसाच्या तंतुमुळे बऱ्याच केशिका निर्माण झाल्या असतात. म्हणजे टॉवेलचे ओले होणे, हे केशिकातत्वावर अवलंबून असते. आता प्रश्न असा आहे की, केशिकेत पाणी वर चढवण्याचे कार्य कोणती ऊर्जा करते ?

द्रव ओता



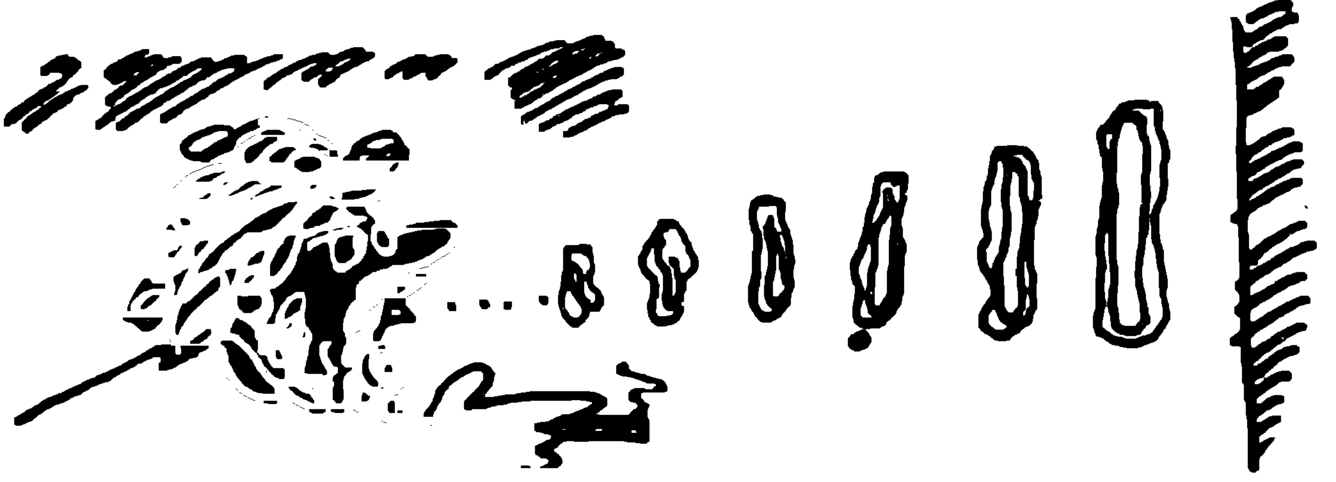
फळाचा रस अथवा दूध अथवा कोणताही द्रव भांड्यातून हळुवारपणे ओतताना असे आढळते की द्रव भांड्याच्या काठापासून एकदम खाली न पडता तो भांड्याच्या खालील बाजूवर काही अंतर ओघळत जातो आणि मग खाली पडतो. असे का व्हावे ? द्रवाने भांड्याच्या खालील बाजूस किती अंतरापर्यंत ओघळत जावे, याला कोणत्या बाबी कारणीभूत आहेत ?

निमुळती धार



स्नानगृहातील नळाची तोटी चालू करा. स्नानगृहाच्या फरशीवर अथवा बादलीमध्ये पडणाऱ्या धारेचे निरीक्षण करा. तोटीपासून जसजसे खाली जावे तशी धार निमुळती झालेली. धारेला निमुळते करणारे एखादे बल असू शकेल का ?

विस्तारणारे धुराचे वलय



पट्टीचे सिगारेट ओढणारे तोंडावाटे धुराचे वलय सोडतात, हे तुम्ही पाहिले आहे का ? तांत्रिकदृष्ट्या हे वलय म्हणजे भ्रमी वलय होय. स्तब्ध हवेत ही वलये बरीच स्थिर असतात आणि बऱ्याच अंतरापर्यंत विरूपित न होता पुढे जाऊ शकतात. पण अशा तऱ्हेची वलये सिगारेट ओढणाऱ्याने भिंतीकडे सोडल्यास असे आढळते की ती जसजशी भिंतीजवळ येतात तसतसा त्यांचा आकार वाढतो. भिंतीच्या सान्निध्यामुळे या वलयांचा आकार का वाढावा ?



5

तळव्यातून आरपार, विचित्रच!

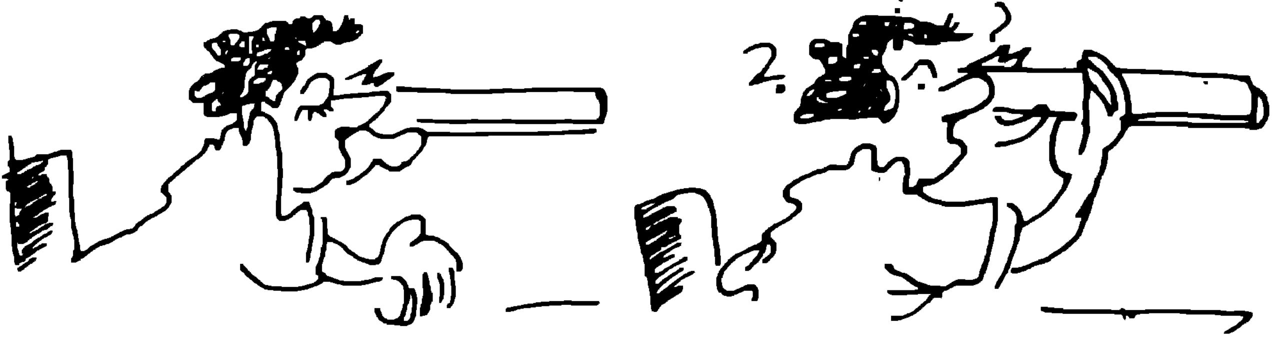
"पुरेशा माहितीशिवाय सिद्धांत मांडणे ही एक घोडचूक आहे. सिद्धांत वास्तवतेशी सुसंगत असावयास हवेत. असे करण्याऐवजी आपण सिद्धांताशी सुसंगत ठेवण्यासाठी वास्तवतेची असंमजसपणे ओढाताण करू लागतो. अटळ, निरपेक्ष वास्तवता आणि सिद्धांतांची सजावट यातील फरक आपण समजू शकत नाही.

शेरलॉक होम्स

तळव्यातून आरपार, विचित्रच!



तळव्यातून आरपार, विचित्रच !



कागदाचे एक नळकांडे तयार करा. हे नळकांडे डाव्या हाताने धरा व त्यातून डाव्या डोळ्याने दूरच्या वस्तूकडे बघा. असे करताना उजवा डोळा बंद ठेवा. आता तुमच्या उजव्या हाताचा तळवा उजव्या डोळ्यासमोर आणा आणि उजवा डोळासुद्धा उघडा. असे करताना उजवा तळवा नळकांड्याला स्पर्श करून ठेवा. उजव्या तळव्याच्या छिद्रातून तुम्हाला दूरची वस्तू स्पष्ट दिसेल. (दोन्ही हातांचे तळवे तुमच्या डोळ्यांपासून साधारणतः 15 ते 20 सें.मी. अंतरावर असावेत) हे विलक्षणच नव्हे का ? तुम्ही हे कसे स्पष्ट कराल ?

खाली पडत नाही



एक पेला घ्या. तो पूर्णपणे पाण्याने भरा. त्याचे तोंड पूर्णपणे झाकले जाईल अशा तऱ्हेने त्याच्या तोंडावर एक पुठ्ठयाचा तुकडा ठेवा. आता पेल्याला उपडा केल्यास असे आढळते की पुठ्ठा पेल्याच्या तोंडावर चिपकलेला राहतो आणि खाली पडत नाही. हा प्रयोग पाठ्यपुस्तकात दिलेला असतो. या प्रयोगासाठी पेला पूर्णपणे भरण्याची गरज नाही. पेल्यात थोडेसे पाणी घ्या. त्याचे तोंड पुठ्ठ्याने झाका आणि पेला उपडा करा. पुठ्ठा आपल्या जागेवरच राहील. कोणत्या कारणामुळे तो पुठ्ठा पेल्याला चिपकून राहतो ?

मिऱ्याचे पळपुटे कण



एका पेल्यात थोडे पाणी घ्या त्यात थोडी मिरपूड टाका. आता प्रथम तुमच्या हाताचे एक बोट साबणावर थोडेसे घासा आणि नंतर त्या बोटाने पेल्यातील पाण्याच्या पृष्ठभागाला स्पर्श करा. पाण्याच्या पृष्ठभागाला तुम्ही जिथे स्पर्श केला तेथून मिऱ्याचे कण सर्व दिशांना दूर जाताना पाहून तुम्हाला आश्चर्यच वाटेल. कोणत्या कारणामुळे ते कण दूर जातात ?

रुपेरी छाया



एका वाटीत पाणी घ्या. त्या वाटीला प्रखर प्रकाशात ठेवा. तुमच्या हाताची तर्जनी (अंगठ्याजवळचे बोट) त्या वाटीतील पाण्यात बुडवा आणि वाटीच्या तळावरील बोटाच्या छायेचे निरीक्षण करा. ज्या क्षणी तुमचे बोट पाण्याला स्पर्श करते त्या क्षणी बोटाच्या टोकाच्या छायेचे दोन भाग पडतात व या दोन भागांना विलग करणारी कडा रुपेरी असते. हे पाहून तुम्हाला आश्चर्यच वाटेल. एखादा किडा पाण्याच्या पृष्ठभागावर असताना वरून प्रकाश पडल्यास अशा तऱ्हेचाच परिणाम तुम्हाला दिसेल. छायेचे विभाजन व रुपेरी कडा दिसण्याचे कारण काय ?

तुमचे वजन करा



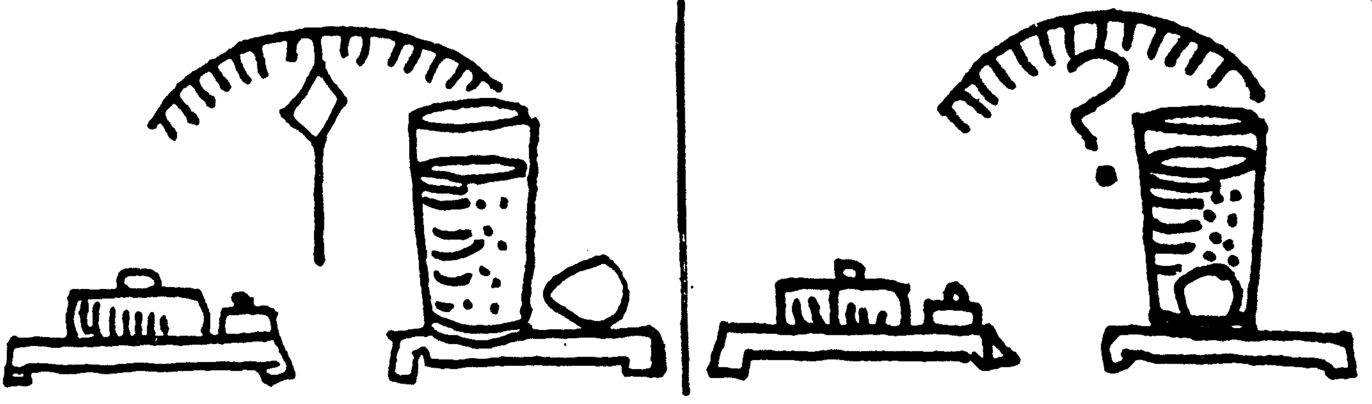
आपले वजन करताना आपण वजन करण्याच्या यंत्रावर उभे राहतो. वजन करताना समोर वाका आणि काय होते ते पाहा. तुम्हाला असे आढळेल की समोर वाकताना तुमचे वजन कमी झाले आहे. आता दुसरा प्रयोग करा. वजन यंत्रावर उभे राहून तुमचा कोणताही एक हात झटकन वर न्या. या वेळेस असे आढळते की हात वरती नेताना तुमचे वजन वाढले आहे. याचे कारण काय असावे ?

गुरुत्वाकर्षणाची ऐशी तैशी



"घूर्णी भांड्याचे तळ वरती व तोंड जरी खाली असले तरी त्याच्यातील द्रव खाली पडणार नाही. द्रव खाली पडण्यास घूर्णन प्रतिबंध करते." ॲरिस्टाटलने असे दोन हजार वर्षांपूर्वी लिहून ठेवले आहे. बादलीत पाणी घ्या व त्या बादलीला सरळ उभ्या प्रतलात आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे पुरेशा वेगाने फिरवा. पाणी खाली पडणार नाही. पाणी खाली का पडणार नाही ?

दगडाचे पाण्यात वजन करा



भौतिक तुलेच्या एका पारड्यात पाण्याने भरलेला पेला व दगड ठेवा. दुसऱ्या पारड्यात पुरेशी वजने टाकून तराजू समतोल करा. आता दगड पेल्यातील पाण्यात टाका. तुला समतोल राहील का ? समतोल का राहू नये ?

कोड्यात टाकणारा रबरी तुकडा



एक जाड रबरी तुकडा घ्या. त्याला पटकन ताणा व चटकन कपाळाला लावा. तुम्हाला तो गरम झालेला आढळेल. हे अनपेक्षित आहे. लक्षात ठेवा की, एखाद्या वायूचे एकदम प्रसरण केले तर तो थंड होतो. गरम होत नाही. रबराचा तुकडा गरम होणे सर्वसाधारण अपेक्षेच्या उलट का असावे ?

तुमच्या केसांचा भांग पाडा



तुमचे केस पूर्णपणे कोरडे असताना तुम्ही खालील प्रयोग करू शकता. एक प्लॅस्टिकचा छोटा कंगवा घ्या आणि तो कोरड्या केसांतून फिरवा. अथवा त्याला फ्लॅनेलच्या कपड्यावर घासा. नंतर नळाजवळ जा व तोटी अशा तऱ्हेने चालू करा की नळातून थेंब थेंब पाणी पडेल. कोरड्या केसांतून फिरवलेला कंगवा नळातून पडणाऱ्या थेंबाजवळ न्या. तुम्हाला असे आढळेल की या थेंबाची संथ व संततधार तयार झाली आहे व ती कंगव्यामुळे विचलित झाली आहे. असे का व्हावे ? (कोरड्या वातावरणात हा प्रयोग छान जमतो.)

लोकरी कोट



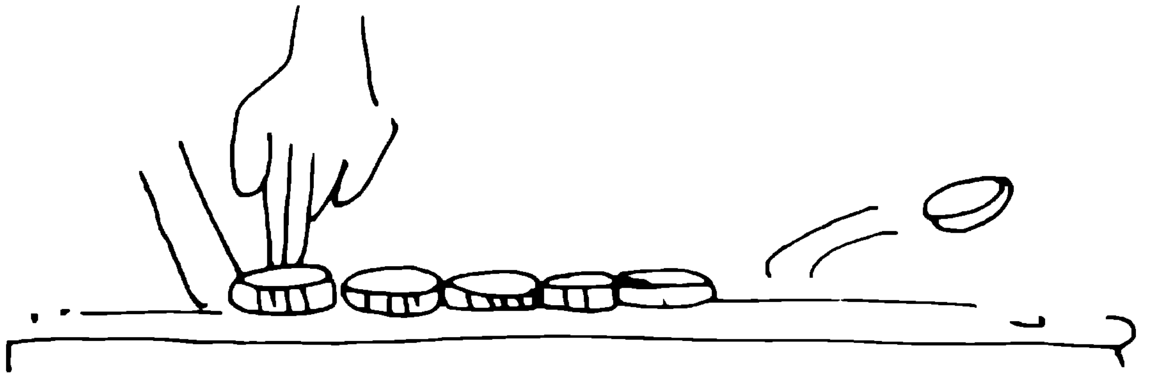
हिवाळ्यात वापरावयाच्या कोटामध्ये एक तापमापी गुंडाळून ठेवा. एक दोन तासानंतर त्या तापमापीच्या वाचनात काही फरक तुम्हाला अपेक्षित आहे का ? आता बर्फाचे दोन घनाकृती तुकडे घ्या. त्यापैकी एक बशीत ठेवा व दुसरा तुमच्या कोटात गुंडाळून ठेवा. बशीतील बर्फाचा तुकडा पूर्णपणे वितळून गेल्यावर कोट उलगडून त्यातील तुकड्याचे काय झाले ते पाहा. कोटातील तुकड्याबाबत तुम्हाला काय अपेक्षित आहे ?

कागदी किटली



सोबतच्या चित्रात कागदी भांड्यातील पाण्यात अंडी उकळताना दाखविली आहेत. तुम्हाला असे वाटेल की हे अगदी अशक्य आहे. भांड्याचा कागद जळून त्याच्यातील पाणी ज्वालावर पडून अग्नी विझणार नाही का ? हा प्रयोग तुम्ही येणेप्रमाणे करू शकता. त्यासाठी जाड कागदाचे एक भांडे तयार करा व त्यात पाणी टाका. त्याला तार बांधून ज्वालांवर ठेवण्याची व्यवस्था करा. ज्वाला भांड्याला स्पर्श करतील पण काहीच होणार नाही. तुम्ही त्या भांड्यात अंडी उकळवू शकता. तुमच्या मते याचे काय कारण असावे ?

उड्या मारणाऱ्या सोंगट्या



कॅरमच्या एकसारख्या काही सोंगट्या घ्या. त्यांची एका सरळ रेषेत मांडणी करा. प्रत्येक सोंगटी तिच्या शेजारच्या सोंगटीला स्पर्श करून ठेवा. पहिल्या सोंगटीला हाताच्या बोटांनी हलकेसे दाबून ठेवा व तिला फूटपट्टी अथवा लाकडी रूळाच्या सहाय्याने एक दणका द्या. तुम्हांला असे आढळेल की समूहातील शेवटची सोंगटी उडी मारून पुढे जाते व बाकीच्या सोंगट्या आपल्या ठिकाणी स्थिर राहतात. असे का व्हावे ? (कॅरमच्या सोंगट्याऐवजी एकसारखी नाणी देखील चालतील.)

कोण अधिक जड ?



काठोकाठ पाण्याने भरलेले दोन एकसारखे पेले घ्या. एका पेल्यात लाकडी तुकडा तरंगत ठेवा. कोणता पेला अधिक जड वाटेल ?

ओला कागद फाडणे



कोरड्या कागदापेक्षा ओला कागद फाडणे अधिक सोपे जाते. हा सर्वसामान्य अनुभव आहे. या चमत्काराचा उलगडा तुम्हांला कधी करावासा वाटला नाही का ?

अदृश्य टाचणी



बुचाची एक गोल चकती घ्या. चकतीच्या प्रतलाला लंब राहील अशा तऱ्हेने एक टाचणी त्या चकतीच्या मध्यभागी पक्की करा. आता एका वाटीत पाणी घ्या.(वाटी पारदर्शक नसावी.) आणि टाचणी पाण्यात बुडालेली असेल अशा तऱ्हेने उपरोक्त चकती पाण्यात तरंगत ठेवा. चकती खूप मोठी किंवा खूप छोटी नसल्यास तुम्ही कितीही प्रयत्न केला तरी टाचणी तुम्हाला कोठूनही दिसणार नाही. टाचणी चकतीमुळे पूर्णपणे झाकली जाणार नाही इतपत मोठी टाचणी असली तरी सुद्धा वरीलप्रमाणेच आढळेल. हा सोपा प्रयोग तुम्ही स्वतः करून पहा म्हणजे तुमची खात्री पटेल. टाचणी न दिसण्याचे कारण तुम्ही सांगू शकाल ?



6

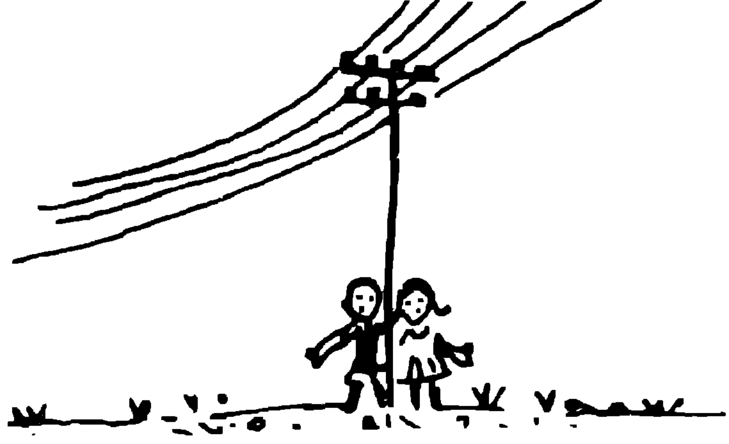
वास्तव आणि कल्पित गोष्टी (चलचित्रपट आणि कादंबऱ्या)

जो पर्यंत एखादी गोष्ट तुमच्या तारतम्यात बसत नाही किंवा बुद्धीला पटत नाही, तो पर्यंत तिच्यावर विश्वास ठेवू नका. मग ती तुम्ही कुठेतरी वाचलेली अथवा मी किंवा इतर कोणी तुम्हांला ती सांगितली असो.

गौतम बुद्ध

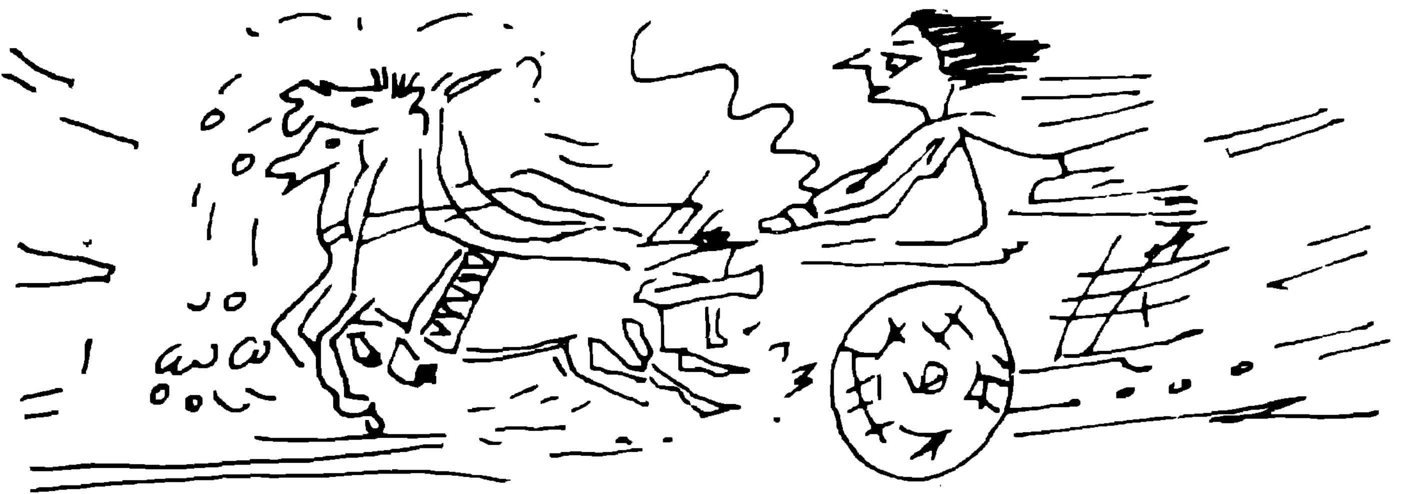


गुणगुणणाऱ्या तारा



सत्यजित रे यांचा बहुप्रशंसित 'पाथरे पांचाली' हा सिनेमा तुमच्या पैकी बऱ्याच जणांनी पाहिला असेल, असे आम्ही गृहीत धरतो. त्यातील दुर्गा व अप्पू ही दोघे बेभान होऊन एकामागोमाग शेतात धावतात आणि वाऱ्यामुळे टेलीफोनच्या तारातून येणारा गुणगुण आवाज अतिशय आनंदाने ऐकतात हा प्रसंग तुम्हाला आठवत असेलच. पीटर सेलर यांनी या प्रसंगाबद्दल असे लिहिले आहे की 'तो प्रसंग अतिशय सुंदर आहे असे मी सगळ्यांना सांगेन.' दुर्गा आणि अप्पू यांना त्याबद्दल आश्चर्य वाटत होते. हे गुणगुणणे कदाचित् आपल्या वडिलांचा संदेश तर आणीत नाही, असा संशय त्यांना होता. तुम्हाला काय वाटते? वाऱ्यामुळे टेलीफोनच्या तारांतून गुणगुणणारा आवाज का ऐकू येतो?

'बेन हर' मधील रथाची शर्यत



'बेन हर' हा उत्कृष्ट सिनेमा तुम्ही पाहिला आहे का? त्यातील रथाच्या नेत्रोद्दीपक शर्यती तुम्हाला आठवतात? या शर्यतीत रथाने विशिष्ट गती प्राप्त केल्यानंतर रथाची चाके हळू पण उलट्या दिशेने फिरताना दिसतात. जोराने फिरणाऱ्या पंख्याबाबत देखील आपल्याला असाच अनुभव येतो. याचे कारण तुम्हाला माहीत आहे का?

अदृश्य मनुष्य



एच.जी. वेल्स यांनी आपल्या प्रसिद्ध कथेत खालील युक्ती वापरून मनुष्य अदृश्य केला. त्यांनी मनुष्य व हवा या दोन्हीचे अपवर्तनांक सारखेच केले. त्यामुळे मनुष्याच्या शरीरातून जाताना प्रकाश किरणांचे परावर्तन व अपवर्तन होत नाही. पण या कल्पनेत एक मेख (शास्त्रीय चूक) आहे. सांगू शकाल तुम्ही ती मेख ?

आकाशातील वीज तलवारीला चुंबकत्व देऊ शकेल का ?



सत्यजित रे यांची एक रहस्य कथा 'विशाल बंगालचे रहस्य' ही आहे. त्यातील फेलुदा नावाचा गुप्त पोलीस रहस्याचा उलगडा करताना सांगतो की संशयित गुन्हेगाराचा खून झाला नाही तर तो आकाशातील विजेच्या धक्क्याने मेला. त्या पोलीसाने पुढील सूचक वापरले : त्या संशयित गुन्हेगाराने धरलेल्या लोखंडी तलवारीत आकाशातील वीजेमुळे चुंबकत्व आले होते. सभोवतालच्या भागात वीज कोसळल्याचा परिस्थितीजन्य पुरावा देखील उपलब्ध होता. आकाशातील वीज लोखंडी तलवारीत चुंबकत्व निर्माण करू शकेल असे तुम्हांला वाटते का ?

ऑस्कर पुरस्कार मिळविणारी समस्या



रिचर्ड अॅटनबरो यांचा ऑस्कर पुरस्कारप्राप्त 'गांधी' हा सिनेमा तुम्ही पाहिला आहे का ? त्यात गांधीजी आपली चादर एका गरीब बाईला देऊन टाकतात असे एक दृश्य आहे. गांधीजी आपली चादर काढतात, तिचे एक गाठोडे करून नदीत फेकून देतात. ही चोळामोळा केलेली चादर तरंगत त्या गरीब बाईकडे जाते आणि तरंगत जाताना हळूहळू ती सुंदरपणे पसरली जाते. चुरगळलेली चादर पाण्यावर स्वतःहूनच का पसरली जाते ?

'36 चौरंगी लेन'



'36 चौरंगी लेन' या सिनेमातील शेवटचा प्रसंग आठवा. नाताळच्या दिवशी कु. स्टोनहॅम आपल्या विद्यार्थ्याच्या घरी येते व खिडकीचे थंडगार तावदान पुसते आणि आत धूमधडाक्यात चाललेली पार्टी तिला दिसते.

या दृश्यात तुम्हाला शास्त्रीय दृष्ट्या काही चूक आढळते का ?

7

गुणगुणणारा ओढा
निसर्गाचे गूढ

निसर्ग ! अगदी साध्या द्रव्यातून तो बहुतांश विविध वस्तू निर्माण करतो. हे करताना निसर्गाला फारसे प्रयत्न करावे लागत नाहीत. तरी सुद्धा त्या विविध वस्तू परिपूर्ण असतात आणि ह्या प्रत्येक वस्तूवर निसर्ग एक प्रकारचे आवरण घालतो. निसर्गाच्या प्रत्येक निर्मितीत स्वतःचे खास असे तत्त्व असते. निसर्ग निर्मित प्रत्येक घटनेला स्वतंत्र संकल्पना असते. तरी सुद्धा प्रत्येक वस्तू व घटना परिपूर्ण असते.

गॉथे

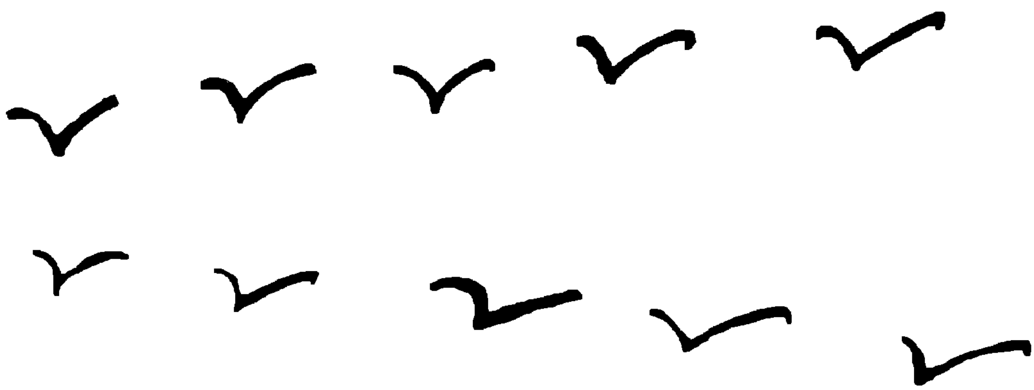


गुणगुणणारा ओढा



आयुष्यातील एखादी दुपार तुम्ही ओढ्याच्या काठावरील हिरवळीवर आरामशीरपणे पडून घालविली असेल.(नसल्यास पुढे केव्हा तरी हा अनुभव घ्या.) त्या वेळेस तुम्ही ओढ्याचा गुणगुणणारा आवाज ऐकला असेल. या आवाजाला भावना जागृत करण्याचा गुणधर्म आहे व त्यामुळे बऱ्याच कवींना व संगीतकारांना सुंदर निर्मिती करण्याचे प्रोत्साहन मिळाले आहे. ओढा का गुणगुणतो याचे कारण तुम्हाला माहीत आहे का ?

स्थलांतर करणारे पक्षी



स्थलांतर करणारे पक्षी संध्याकाळच्या वेळेस आकाशात (V) चा आकार करुन उडत असतात. हे एक रमणीय दृश्य. स्थलांतर न करणारे पक्षी (V) चा आकार करून का उडत नाहीत ?

वाघ ! वाघ ! धगधगती आग



रात्रीच्या वेळेस वाघ आणि मांजर यांच्या डोळ्यांवर जरी मंद प्रकाश पडला तरी त्यांचे डोळे चांगलेच चमकतात हे तुम्ही पहिले असेलच.

माणासाच्या डोळ्यांचे असे होत नाही. वाघ अथवा मांजर आणि माणूस यांच्या डोळ्यांत काय फरक आहे ? उपरोक्त गुणधर्मांचा वाघ किंवा मांजर यांना काय फायदा होतो ?

रहस्यमयी रातकिडा



तुम्ही रातकिड्याचा आवाज ऐकून त्याला कधी शोधण्याचा प्रयत्न केला आहे का ? रातकिड्याचा आवाज अमुक दिशेने येत आहे असे तुम्हाला जेव्हा वाटते त्या वेळेस तुम्ही डोळे त्या दिशेकडे वळविता. तत्क्षणी रातकिडा उडी मारून व तुम्हाला फसवून दुसरीकडे जातो. रातकिड्याच्या या फसव्या व विचित्र वागण्याचे तुम्ही काय स्पष्टीकरण द्याल ?

अज्ञान-एक वरदान



उच्च विभवाच्या विद्युत् वाहक तारांवर सुखेनैव बसलेले पक्षी तुम्ही पाहिले असतीलच. विजेचा धक्का बसून ते मरत का नाहीत ?

पाण्यावर चालणारा किडा



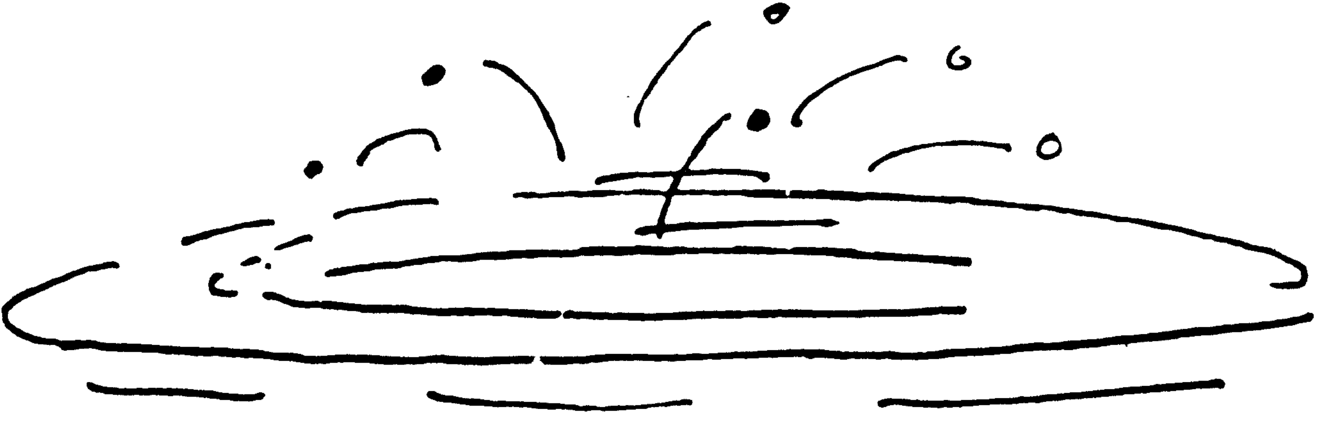
डबक्यातील पाण्याच्या पृष्ठभागावर जोराने पळणारे किडे तुम्ही पाहिले असतील. पाण्यात न बुडता पृष्ठभागावर पळण्यासाठी ते काय व्यवस्था करतात ?

भरदिवसा अंधार



किनाऱ्याला सतत धुवून काढणाऱ्या लाटा पाहणे हे एक सुरेख दृश्य. किनाऱ्याकडे येणारे आणि दूर जाणारे पाणी समुद्राच्या काठावरील वाळूवर काही खुणा ठेवून जाते. ओली वाळू कोरड्या वाळूपेक्षा जास्त काळी दिसते. का ?

तरंगांचा आकार



स्थिर पाण्यात दगड टाकल्यास वर्तुळात बाहेर जाणाऱ्या तरंगा निर्माण होतात. तुमच्या मते, वाहत्या पाण्यात तरंगा कसा आकार घेतील ?

जीवनरस बुंध्यातून शेंड्यात



निर्वात पंप, पाण्याचा स्तंभ 33 फुटांपेक्षा जास्त उचलू शकत नाही. कारण वातावरणाचा दाब 33 फुटांपेक्षा जास्त उंचीच्या पाण्याच्या स्तंभाला तोलू शकत नाही. हे सर्वांना माहीत आहे. तरी सुद्धा बरीच झाडे 33 फुटांपेक्षा जास्त उंच आहेत. काही झाडे तर 300 फुटांपेक्षा सुद्धा उंच आहेत. अशा झाडांचे वरचे शेंडे जमिनीतून पाणी वर कसे ओढत असतील ?

अरे निळ्या समुद्रा



1921 मध्ये सर सी. व्ही. रामन् इंग्लंडमध्ये जाण्यासाठी जलप्रवास करीत होते. त्या वेळी गडद निळ्या भूमध्य समुद्राने त्यांचे लक्ष वेधून घेतले. आकाशाचे समुद्रात परावर्तन होते त्यामुळे समुद्र निळा दिसतो असे लॉर्ड रॅले यांचे म्हणणे होते. हे तपासून पाहण्यासाठी रामन् यांनी जहाजावर एक सोपा प्रयोग केला. त्यांनी काय केले असावे ? आणि कोणते निष्कर्ष त्यांनी काढले असतील ?

हिवाळी बुरखा



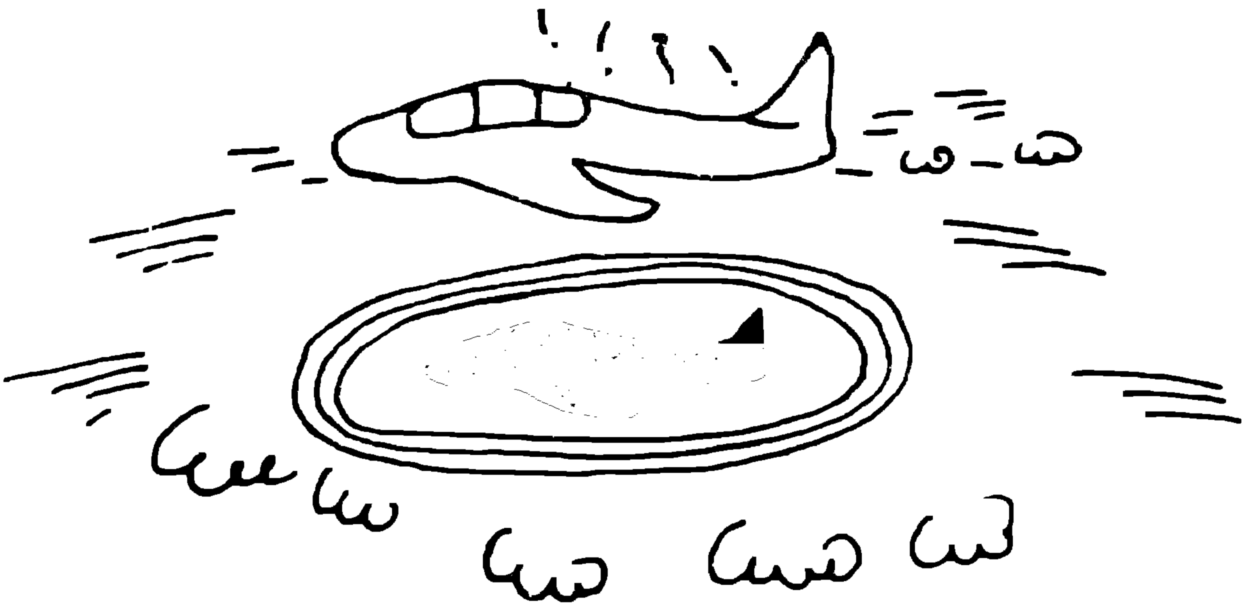
बऱ्याच ठिकाणी हिवाळ्यात धूराटी पहावयास मिळते. सायंकाळच्या वेळेस खेड्यातून फेरफटका मारताना शाकारलेल्या अथवा कौलारू घरांच्या छतांवर धुराचा जाड थर दिसतो. हिवाळ्यात अगर शरद ऋतूच्या उत्तरार्धात हे नेहमीच दिसते. इतर ऋतूंमध्ये असे दिसत नाही. याचे कारण तुम्हांला माहीत आहे का ?

चंद्राचे भूत



काही दिवसापूर्वी आम्ही खग्रास चंद्रग्रहण पाहिले. ज्या वेळी पृथ्वीच्या छायेने चंद्र पूर्णपणे झाकला गेला त्या वेळी तो पूर्णपणे अदृश्य झालेला नव्हता. त्या वेळी तो फिकट लाल दिसत होता. असे का व्हावे ?

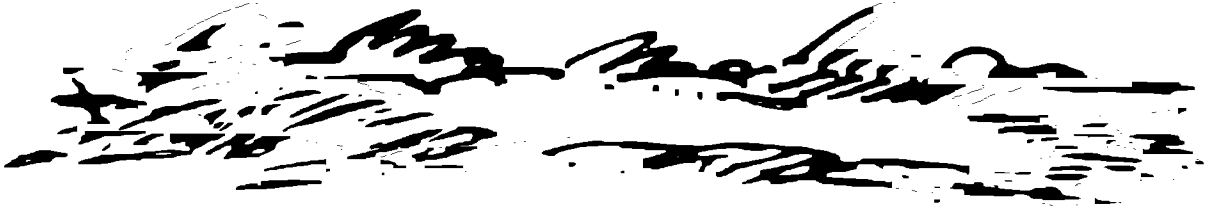
पूर्ण इंद्रधनुष्य पहा



प्रसिद्ध रेडिओ खगोलशास्त्रज्ञ प्रो. एम.के. दासगुप्ता एकदा विमानातून प्रवास करीत होते या प्रवासात त्यांनी विमानातून सहज खाली पाहिले तेव्हा त्यांना एक आगळे वेगळे दृश्य दिसले. त्या दृश्यात पूर्ण वर्तुळाकार इंद्रधनुष्य होते व विमानाची छाया त्या धनुष्याच्या मध्यभागी होती.(ही छाया इंद्रधनुष्याखालील ढगांवर पडलेली होती) प्रवास संपवून आल्यावर तावडतोब त्यांनी हा अनुभव आम्हाला कथन केला. त्यांना पूर्ण वर्तुळाकार इंद्रधनुष्य का दिसले असावे ?

चंद्र आणि नदी





आमचे एक सहकारी पौर्णिमेच्या रात्री विमानातून प्रवास करीत होते. त्यांचे विमान खूप उंचीवर होते व एका नदीवरून जात होते. प्रवासात त्यांनी खिडकीतून खाली पाहिले व त्यांना आश्चर्याचा धक्काच बसला. त्यांना दिसले ते असे की चंद्राचे नदीतील प्रतिबिंब खूप मोठे असून ते नदीच्या पात्रात मावत नव्हते. अपेक्षेप्रमाणे उंचीनुसार नदीचे पात्र अरुंद होते पण चंद्राचे प्रतिबिंब मात्र कमी झालेले नव्हते. यामुळे ते बुचकळ्यात पडले. वरील चमत्कार कशामुळे असावा ?

ऑलबरचा विरोधाभास



रात्रीच्या वेळेस आपण जेव्हा वर पाहतो तेव्हा तारे वगळता आपल्याला आकाश काळेकुट्ट दिसते. ज्या विश्वात आपण राहतो त्या विश्वाबद्दल रात्रीचे वेगळे आकाश आपल्याला खरोखर काय सांगत आहे, या बद्दल तुम्ही अंदाज बांधू शकता का ?

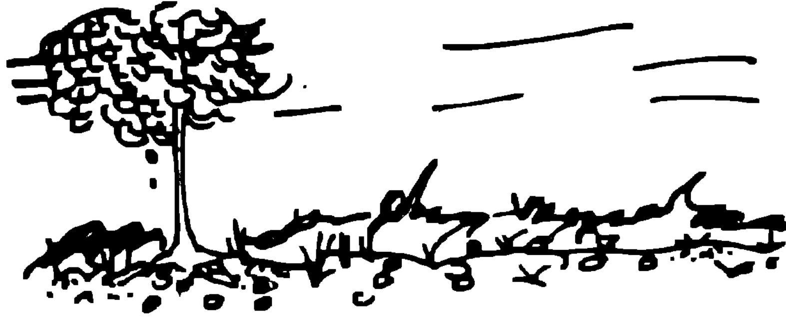
लुकलुकणारा छोटा तारा



"इवल्याशा ताऱ्या लुक लुक लुक
किती किती गम्मत कोण रे तू ?
जगाच्या डोक्यावर उंचच उंच
जणू काही आभाळातला हिराच तू"

तारेच फक्त लुकलुकतात. ग्रह का लुकलुकत नाहीत ?

हवेचा निळा घुमट



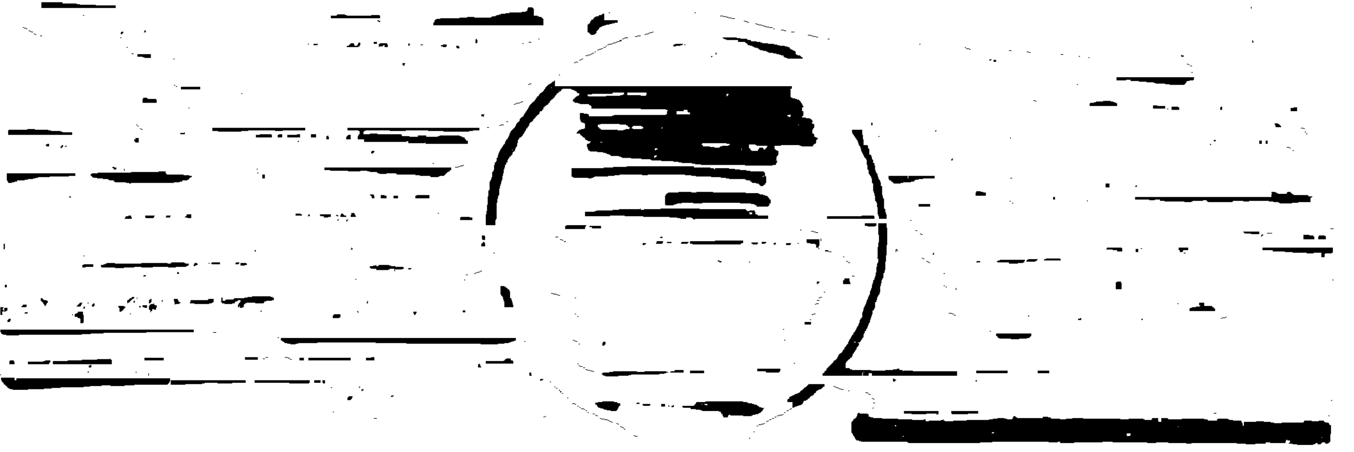
वातावरणातील कण प्रकाशाचे विकिरण करतात. आपाती प्रकाशाची वारंवारिता जास्त असल्यास त्या प्रकाशाचे विकिरण जास्त होते. (लॉर्ड रॅले यांचे विकिरणाबाबत स्पष्टीकरण). आकाश निळे का दिसते हे स्पष्ट करण्यासाठी वरील मुद्दे वापरण्यात येतात. निळ्या प्रकाशाची वारंवारिता तांबड्या प्रकाशाच्या वारंवारितेपेक्षा जास्त असल्यामुळे निळ्या प्रकाशाचे विकिरण जास्त होईल आणि त्यामुळे आकाश निळे दिसते. परंतु जांभळ्या प्रकाशाची वारंवारिता तर निळ्या प्रकाशापेक्षा देखील जास्त आहे. मग आकाश जांभळे का दिसत नाही ?

माथ्यावरील निळे आकाश



सूर्यास्तानंतर ताबडतोब माथ्यावरील आकाश गडद निळे दिसते. हे असे का असावे ? या बद्दल तुम्हाला काही कल्पना आहे का ?

'अगदी क्वचित्'



इंग्रजीमधील वरील वाक्प्रचार तुम्हाला माहीत असेलच. चंद्र किंवा सूर्य यांना तुम्ही आकाशात कधी तरी गडद निळे पाहिले आहे का ? असो, हे दृश्य क्वचितच आढळते. अधिकृत अहवालानुसार निळा चंद्र व निळा सूर्य सप्टेंबर 1950 मध्ये दिसले होते. रॉबर्ट विल्सन हे खगोल शास्त्रज्ञ इंग्लंडमधील अव्वल दर्जाच्या वेधशाळेशी निगडित होते. त्यांना एडिंबरो येथून निळा सूर्य व निळा चंद्र दिसले. त्यांनी दूरदर्शी या उपकरणाच्या साहाय्याने बरेच निरीक्षण केले व विचित्र अनुमान काढले. त्यांच्या मते सूर्य व चंद्र यांचे निळेपण हे कॅनडातील जंगलात लागलेल्या वणव्यामुळे होते. जंगलातील वणवा व चंद्राचे निळेपण यांचा काय संबंध ?

चंद्राचे खळे (प्रभा मंडळ)



चंद्रासभोवती तुम्ही कधी खळे पाहिले आहे का ? निश्चितच तुम्ही असे खळे पाहिले असणार ! कोणत्या कारणामुळे असे खळे दिसते ?

8

तुमच्या बुद्धीला ताण द्या

"विज्ञानाच्या क्षेत्रात आपण निर्मिती व कल्पकता यांना महत्व देतो. शास्त्रज्ञ खरे सांगतो, म्हणून आपण त्यांचा आदर करीत नाही. कारण त्यांचे सिद्धांत नेहमीच खरे असतील असे नाही. शास्त्रज्ञाने चालू केलेले सूत्रबद्ध काम, कामाला दिलेली चालना व त्यांनी दाखविलेले विचारनाविन्य हे महत्वाचे असतात, म्हणून आपण शास्त्रज्ञांचा गौरव करतो."

हरमान बॉंडी

"महाराज जागे व्हा !
डोके खाजवा
ज्यात आपण मागे आहोत
त्याच्याकरिता मार्ग काढण्यासाठी."

दि पाईड पायपर ऑफ हॅमलीन



कुतुहल जागृत करणारा बुचाचा तुकडा



बुचाचा एक छोटा तुकडा घ्या. त्याला पाण्याने ओले करा. एका पेल्यात थोडे पाणी घ्या व त्यात त्या तुकड्याला टाका. तो तरंगेल. तो निरपवादपणे पेल्याच्या कडेशी तरंगत चाललेला तुम्हाला दिसेल. पेल्यामध्ये हळू हळू पाणी ओता. ज्या क्षणी पेला पाण्याने काठोकाठ भरेल त्या क्षणी बुचाचा तुकडा आपोआप पेल्याच्या मध्यभागी लोटला जाईल व तिथे तो राहील. पाण्याच्या पृष्ठभागाची वक्रता बदलल्यामुळे असे होते, हे उघड आहे. पृष्ठभागाची वक्रता का बदलावी ? नेमक्या कोणत्या कारणामुळे तो तुकडा पेल्याच्या मध्यभागी ओढला जातो आणि तेथे स्थिर राहतो ?

तरंगणारे ब्लेडचे तुकडे व लाकडी काड्या



दोन ब्लेड व दोन लाकडी काड्या घ्या. प्रथम दोन्ही ब्लेड पिंपातील अथवा बादलीतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर ठेवा. दोन्ही ब्लेड बुडणार नाहीत याची काळजी घ्या. एका ब्लेडला तुमच्या बोटाने हळूच ढकलून ते दोन्ही ब्लेड हळू हळू एकमेकांजवळ आणा. तुम्हाला असे

आढळेल की त्यांच्यामध्ये 3 ते 4 मि.मि. अंतर असताना ते दोन्ही ब्लेड आपोआप परस्पराकडे आकर्षित होतात व चिकटून राहतात. तुम्ही त्यांना अलग केल्यासच ते अलग होतात. दोन ब्लेडच्या ऐवजी दोन लाकडी काड्या वापरल्या तरी देखील वरील प्रमाणेच आढळते. तथापि एक ब्लेड व एक लाकडी काडी पिंपात टाकल्यास त्यांच्यात प्रतिकर्षण म्हणजे परस्परांपासून दूर जाणे होते. त्यांना तुम्ही जवळ आणण्याचा प्रयत्न केला तरी त्यांच्यात प्रतिकर्षण होते.

आम्हांला असे वाटते की, तुम्ही हा प्रयोग भिन्न पदार्थांच्या वस्तूंसाठी व त्यांचे भिन्न आकार घेऊन अतिशय काळजीपूर्वक करावा. या सर्व प्रयोगांतून सर्व समावेशक नियम करता येतो का ते पाहावे. तरंगणाऱ्या वस्तूंच्या बाबतीत असे का होत असते ?

खेळण्यातील भोवरा

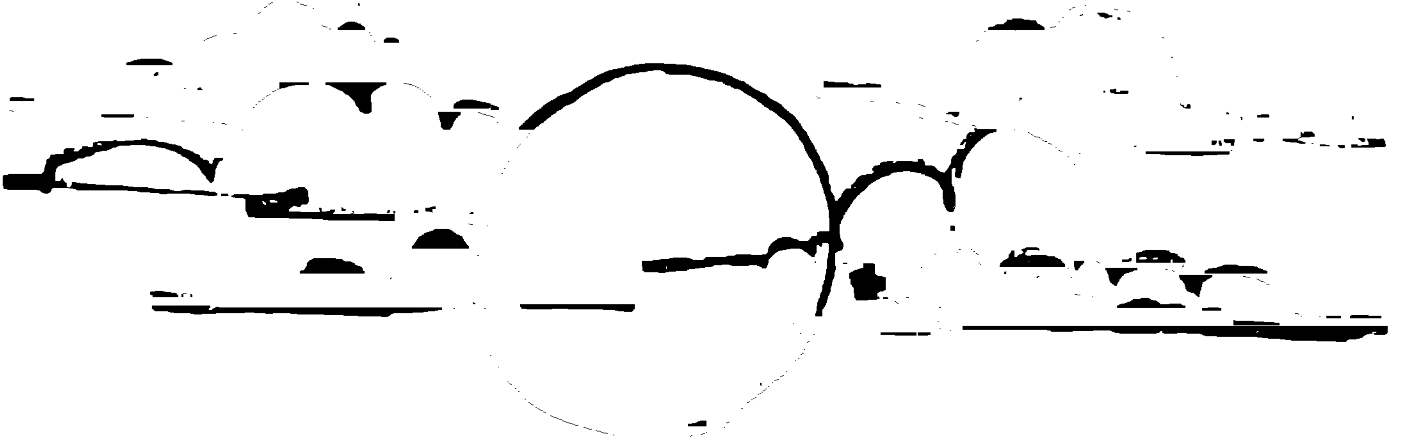


वर दिलेल्या चित्राकडे पहा. चित्रातील दोन गोंधळून गेलेल्या व्यक्ती तुम्ही ओळखू शकता का ? त्या दोन व्यक्ती म्हणजे नील्स भोर व वुल्फगँग पाऊली. ह्या दोन्ही व्यक्ती चालू शतकातील, जगद्विख्यात भौतिक शास्त्रज्ञ आहेत. ज्या खेळण्याने त्यांचे लक्ष वेधून घेतले आहे ते खेळणे म्हणजे सर्वपरिचित भोवरा. हा भोवरा तुम्ही त्याची जड व गोलाकार बाजू खाली राहील अशा तऱ्हेने फिरविण्याचा प्रयत्न केल्यास तुम्हाला असे आढळते की तो पटकन उलटा होतो व तो त्यांच्या बारीक शाखे भोवती संथपणे फिरू लागतो. हा प्रकार आपल्याला गोंधळून टाकणारा नाही का ?

टीप : भोवऱ्यांचे संथपणे फिरणे हे त्याच्या जडत्व आघूर्णाशी आणि संवेग अक्षय्यतेच्या नियमाशी निगडित आहे. भोवऱ्याची फिरण्याची अवस्था बदलली तर भोवऱ्याच्या कोनीय संवेगाची दिशा बदलते आणि त्यामुळे त्याचे जडत्व आघूर्ण एकदम बदलते. घर्षण येथे महत्वाचे काम करते. भोवऱ्याच्या फिरण्याला विरोध होईल अशा दिशेने घर्षण कार्य करते.

ह्यामुळे एक आघूर्ण निर्माण होते. ह्या आघूर्णामुळे भोवऱ्याची फिरण्याची अवस्था बदलते. परंतु ह्यामुळे प्रश्न असा निर्माण होतो की, भोवऱ्याची फिरण्याची अवस्था वारंवार का बदलत नाही ? भोवऱ्याची जड बाजू वर असल्यास भोवरा अधिक संथपणे फिरतो. असे की व्हावे ? ह्या बाबत विचार करा.

चंद्राचे मोठे भासणे



आभाळात खस्वस्तिकावर आलेल्या चंद्रापेक्षा क्षितिजावरील चंद्र जास्त मोठा दिसतो, ह्याची तुम्ही कधी नोंद घेतली आहे का ? हा प्रकार तुम्ही निश्चितच पाहिला असेल पण तुम्ही कोणीच याच्यावर फारसा विचार केलेला नसणार. एल. काऊफमान व आय. रॉक (सायन्स, खंड 136, पृष्ठ 953, 1962) यांनी या गोष्टीचा सविस्तर अभ्यास केला. त्यांना असे आढळून आले की क्षितिजावरील चंद्राचा आकार हा मध्य आभाळातील चंद्राच्या आकाराच्या 1.2 ते 1.5 पट मोठा असतो. मध्य आकाशात येताना चंद्राचे आकुंचन होते. सर्व प्रकारच्या वातावरणात असेच आढळते. प्रतिष्ठित नियतकालिकामधून याबाबत विस्तृत चर्चा चालू आहे. काहींच्या मते हा प्रकार म्हणजे दृश्य आकाराची सापेक्षता ह्याचे नैसर्गिक उदाहरण होय.

पण याचे खरोखर समाधानकारक स्पष्टीकरण देणे कठीण आहे. कदाचित् या प्रश्नावर चिंतन करण्याची तुम्हालाही स्फूर्ती येईल.

हिरवी क्षणदीप्ती



क्वचित प्रसंगी सूर्यास्ताच्या थोडेसे आधी आपण हिरवी क्षणदीप्ती काही सेकंद पाहू शकतो. पलसरचे संशोधक अँथनी हेविश ह्यांनी हा क्वचित दिसणारा उल्लेखनीय चमत्कार स्वत: पाहिल्याचे आम्हाला खात्रीपूर्वक सांगितले. हा चमत्कार कोणत्या कारणामुळे असेल ह्याची तुम्हाला काही कल्पना आहे का ?

गरम पाणी आधी गोठते

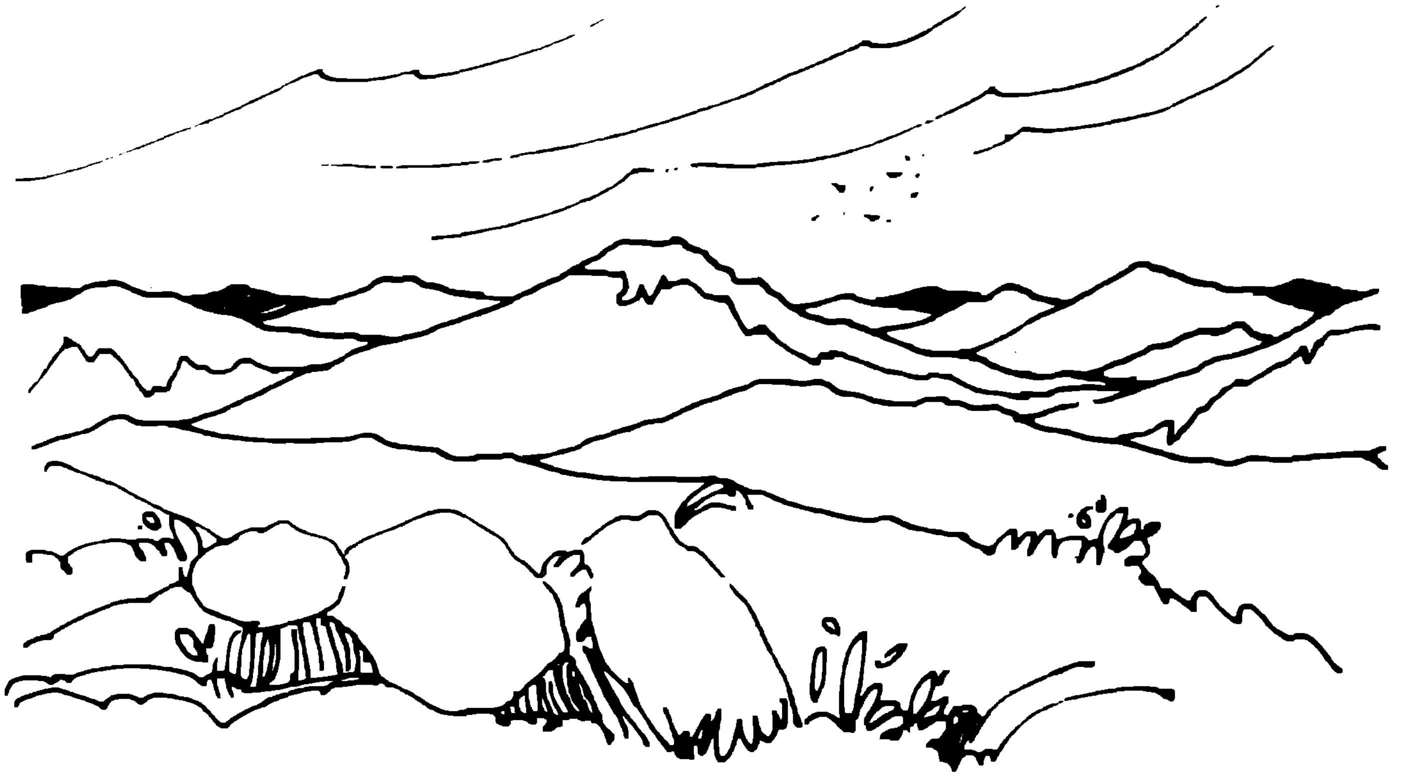


कॅनडा व आईसलँड या थंड प्रदेशातील सर्वसाधारण अनुभव असा आहे की तापविलेले पाणी हिवाळ्यात मोकळ्या हवेत ठेवल्यास लवकर गोठते. हे अनपेक्षित नव्हे का ? फ्रान्सिस

बेकन यांनी या विचित्र प्रकाराची नोंद घेतली व त्यावर बरीच चर्चा केली. अलीकडच्या काळात जी.एस. केल (नॅशनल रिसर्च कौन्सिल, कॅनडा) यांनी याचा पद्धतशीर अभ्यास केला. (अमेरिकन जर्नल ऑफ फिजिक्स, खंड 37, पृष्ठ 567). त्यांनी असे दाखवून दिले की धातूच्या भांड्याऐवजी विनाझाकणाचे लाकडी भांडे वापरल्यास हा चमत्कार अधिक स्पष्टपणे पाहता येतो. याबद्दल तुम्हांला शंका असेल तर खालील प्रयोग करून पाहा. थोडेसे पाणी गरम करा व ते बिनझाकणाच्या लाकडी अथवा प्लॅस्टिकच्या भांड्यात टाका. तशाच दुसऱ्या एका भांड्यांत खोलीच्या तपमानाएवढे तेवढेच पाणी टाका. ही दोन्ही भांडी तुमच्या फ्रीजच्या अतिशीत कप्प्यात मध्ये ठेवा. कोणते पाणी प्रथम गोठेल ?

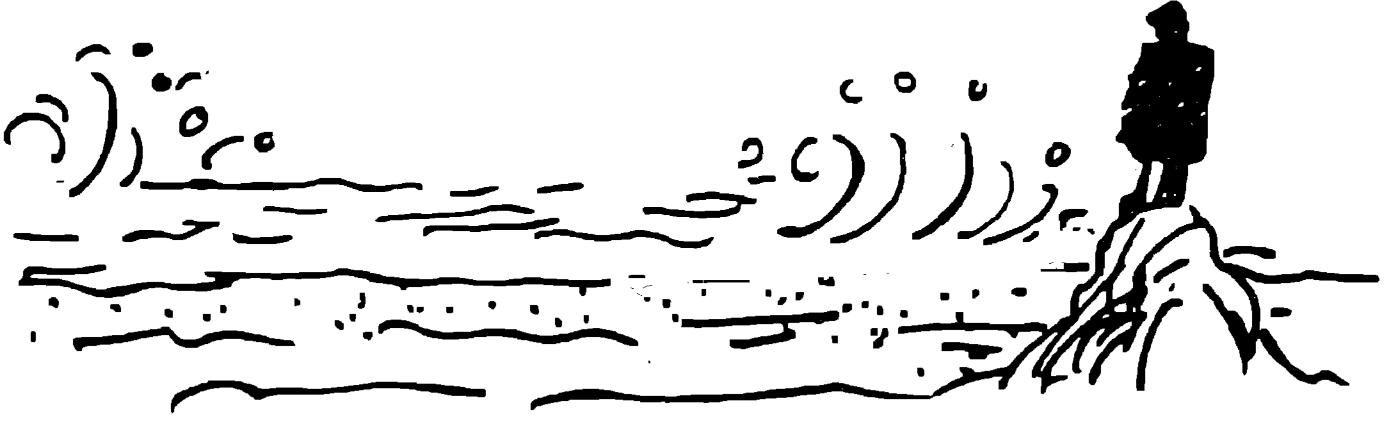
टीप : जास्त तपमानावर पाण्याचे बाष्पीभवन जलद होते. त्यामुळे जास्त तपमानावर पाण्यासाठी वस्तुमान गमविण्याचा दर जास्त राहील. त्यामुळे दोन सारख्याच भांड्यात सारख्याच वस्तुमानाचे परंतु भिन्न तपमानाचे पाणी घेऊन प्रयोग चालू केल्यास असे आढळते की ज्या वेळी दोन्ही भांडी एकाच तपमानावर येतील त्यावेळेपर्यंत गार पाण्याचे वस्तुमान बरेच कमी झालेले आहे आणि त्यामुळे त्या पाण्याची उष्माधारकता देखील (वस्तुमान x विशिष्ट उष्मा) कमी झालेली राहील. त्यामुळे ते पाणी नंतर लवकर थंड होते. भांड्यांच्या औष्णिक वाहकतेतील फरक, प्रापण प्रवाहाचा परिमाम इत्यादी बाबी वरील प्रयोगाच्या संदर्भात कितपत महत्वाच्या ठरतात याचा गुणात्मक अभ्यास करणे मनोरंजक ठरेल.

निळे पर्वत



डोंगराळ भागातून हिंडताना दूरचे डोंगर निळे दिसतात हे पाहून तुम्हाला आश्चर्य वाटले नाही का ?

दूर जाणारा निळा रंग



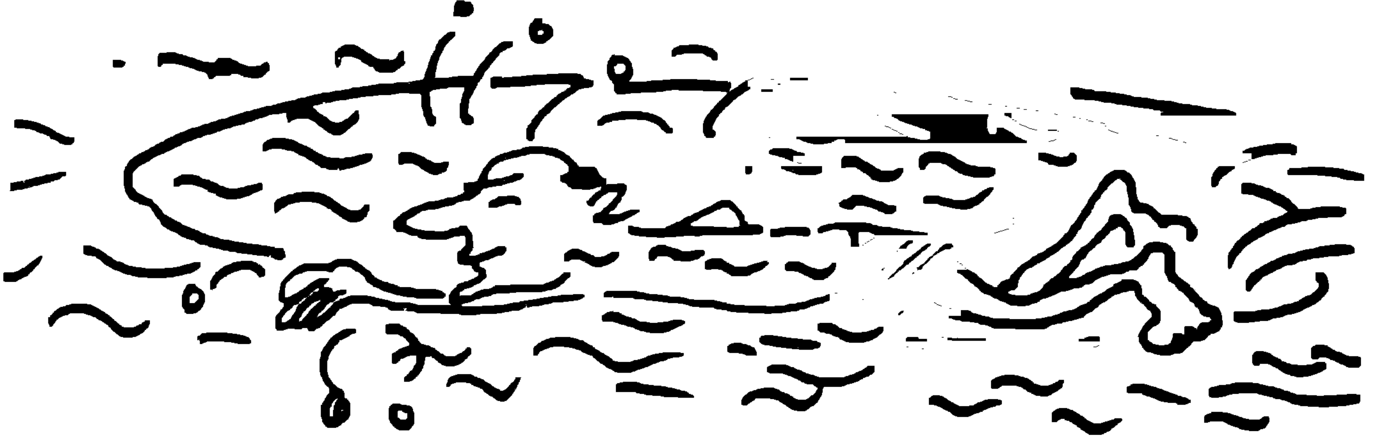
समुद्र किनाऱ्यावर उभे राहून समुद्रात दूरवर पाहिले असता तुम्हांला एक रंगरेषा दिसते. त्या रेषेच्या पलीकडील समुद्र अधिक निळा दिसतो. समुद्राजवळ डोंगर असल्यास त्या डोंगरावर चढताना ही विलग रेषा क्षितिजाकडे दूर जाताना दिसते. असे का ? हा प्रश्न डॉ. अन्ड्र्यू व्हिटाकर (क्वीनस् युनिव्हर्सिटी ऑफ बेलफास्ट, उत्तर आयर्लंड) यांनी आम्हांला विचारला होता.

कोसळणारा डबा



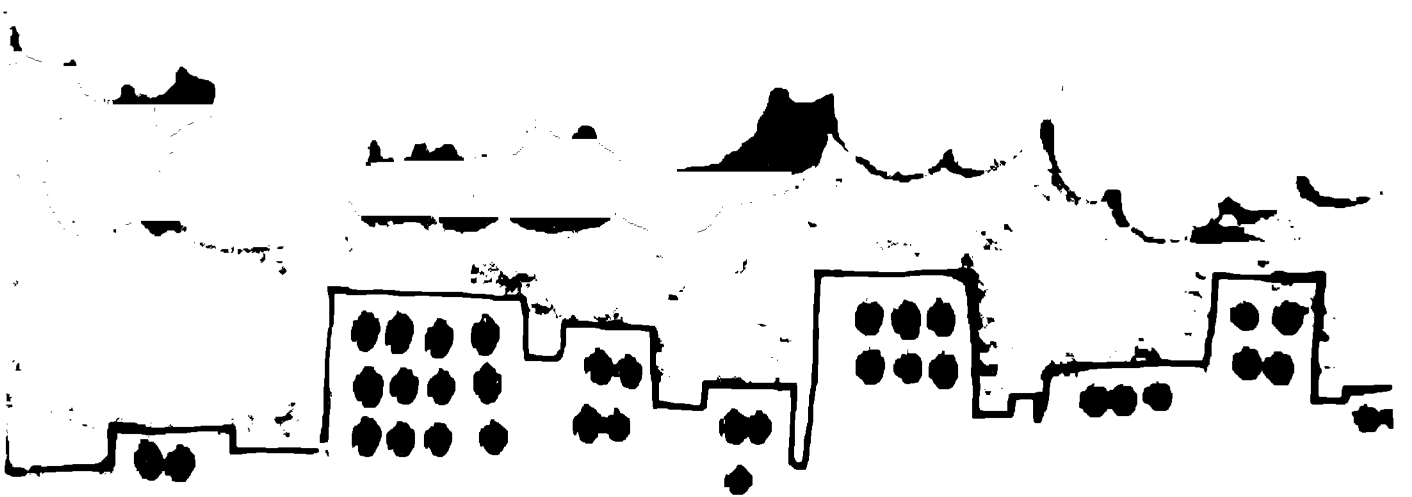
एक दिवस जॉन व्हीलर यांची पत्नी रात्रीचा स्वयंपाक करीत होती. त्यावेळी रिचर्ड फाईन्मान स्वयंपाक घरात आले. त्यांनी कपाटातून एक सीलबंद डबा काढला व ते मुलांना म्हणाले, "ह्या सीलबंद डब्यात घन पदार्थ आहे की द्रव पदार्थ आहे हे मी तुम्हाला डबा न उघडता किंवा त्याच्यावरील लेबल न वाचता देखील सांगू शकतो. तुम्हाला माहीत आहे का कसे ते ?" जिज्ञासू मुलांनी विचारले, "कसे ?" फाईन्मान यांनी त्या डब्याला वर फेकले व तो गटांगळ्या खात खाली येत असताना पाहून सांगितले, 'या डब्यात निश्चितच द्रव आहे.' डबा उघडल्यानंतर त्यांचे म्हणणे खरे असल्याचे आढळून आले. हे सांगण्यासाठी त्यांनी कोणती युक्ती वापरली असेल ?

वर्तुळाकार मार्गाने पोहणे



एक दिवस रिचर्ड फाईनमान पोहणाऱ्यांबरोबर गप्पा करीत होते. पोहणाऱ्यांकडून त्यांना असे कळले की पोहणाऱ्याने आपल्या दोन्ही पायांवरचे केस पूर्णपणे काढून टाकले तर त्याला अधिक जलद पोहता येते. ह्याची सत्यता पडताळून पाहण्यासाठी फाईन्मान बरेच आतुर होते. हे पडताळून पाहण्यासाठी त्यांनी एक अभिनव कल्पना मांडली. ती अशी की दोन्ही पायांवरील केस पूर्णपणे काढून टाकल्यामुळे जर जलद पोहता येत असेल तर पोहणाऱ्याने फक्त एका पायावरील केस काढल्यास तो वर्तुळाकार मार्गाने पोहेल. तुमचे ह्याबाबत काय मत आहे ?

आसन्न वादळ



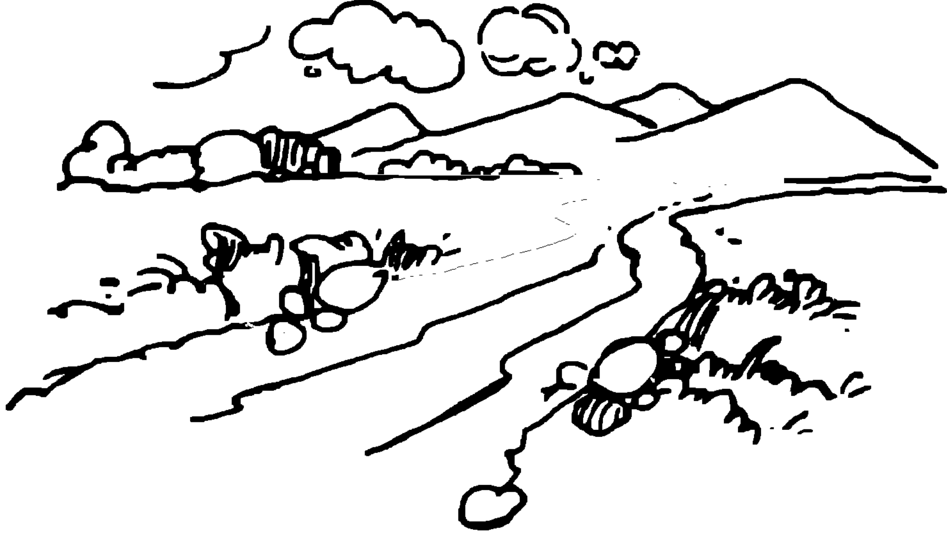
रात्रीचे ढगाळलेले आकाश वादळ सुरू होण्यापूर्वी कधी कधी फिक्कट लाल रंगाने उजळलेले तुम्ही पाहिले आहे का ? तुमच्या मते ह्याचे काय कारण असावे ?

उड्या मारणारे दगड



तलावाच्या काठावर उभे राहून पाण्यात दगड फेकणे हा लहान मुलांचा एक आवडता खेळ. मुले बरेचदा दगड विशेष कौशल्याने पाण्यात फेकतात. त्या वेळेला असे दिसते की दगड जणू काही उड्या मारीत पाण्याच्या पृष्ठभागावर पुढे चालला आहे. ह्या प्रकारात दगड एका ठिकाणी पाण्याच्या पृष्ठ भागाला स्पर्श करतो. तो तेथे पाण्यात बुडत नाही. तेथून तो हवेत उसळतो. नंतर काही अंतर पुढे जाऊन दगड पाण्याच्या पृष्ठभागापासून पुन्हा उसळतो. असे करीत करीत तो पुढे जातो. वरील आकृतीत दगड पुढे कसा जातो हे दाखविले आहे. वरील खेळात तुम्हाला असे आढळून आले असेल की दगडाच्या क्रमशः होणाऱ्या उड्यांचा टप्पा हळू हळू कमी होत जातो व शेवटी दगड थांबतो आणि पाण्यात बुडतो. कोलंबिया विद्यापीठाचे प्रोफेसर इ.एच. राईट ह्यांना समुद्र किनाऱ्यावरील पक्क्या जमून बसलेल्या ओल्या वाळूवरून वरील प्रमाणेच दगड उडवत पुढे नेण्याची भलतीच अफलातून कल्पना सुचली. त्यांनी एक विलक्षण चमत्कार शोधून काढला. त्यांना आढळले ते असे की दगडाच्या पहिल्या उडीचा टप्पा कमी असतो. त्यानंतर होणाऱ्या उडीचा टप्पा थोडा अधिक असतो. त्यानंतर होणाऱ्या उडीचा टप्पा पुन्हा कमी आणि असेच दगड थांबेपर्यंत घडत जाते. (दगडाचे उड्या मारणे येथे आवर्ती वाटते) नियमित आकाराच्या सगळ्या दगडांसाठी असाच प्रकार आढळून येतो. राईटने केलेल्या पहिल्या निरीक्षणापासूनच ह्या चमत्काराचा सविस्तर अभ्यास करण्यात आला. त्यासाठी शीघ्रगतीने छायाचित्रे काढण्याची पद्धत देखील वापरली गेली. आम्हाला असे आढळते की ह्याबाबत दिलेली सर्व स्पष्टीकरणे बरीच क्लिष्ट आहेत. ह्याबाबत सोपे गुणात्मक स्पष्टीकरण आम्हाला हवे आहे. कदाचित तुम्ही मदत करू शकाल.

वळण घेणाऱ्या नद्या



नदी कधीच सरळ रेषेत पुढे जात नाही. ती वळणं घेत घेत पुढे जाते. आईन्स्टाईन सारख्या शास्त्रज्ञाला सुद्धा हे एक कोडेच होते. याबाबत त्याने एक लेख लिहिला होता. "चहाच्या कपातील चमत्कार (प्रकरण 1)" व नदीची वळणे ह्यांचा काही तरी संबंध असल्याचे त्याच्या निदर्शनास आले. त्या दोन्हीमध्ये काय संबंध असेल ?

टीप : नदीच्या वळणांसाठी द्वितीय प्रवाह जबाबदार असतात. (चहाच्या कपात आईन्स्टाईन, प्रकरण 1 याचे उत्तर पहा.) येथे नदीचे पात्र कपाच्या कडेसारखे काम करते. नदीचे पाणी पात्रानुसार पुढे जाते. पात्रामुळे प्रवाहाचा वेग पात्राच्या तळाकडे व पात्राच्या उभ्या कडेने कमी होतो. परिणामी प्रवाहाच्या मध्यभागात व पृष्ठभागावरील पाण्याचा वेग इतरत्र पाण्यापेक्षा जास्त असतो. ह्यामुळे प्रवाहाच्या दिशेने सर्पिलाकार द्वितीय प्रवाह तयार होतात. नदीच्या प्रवाहात उजव्या बाजूला कठीण खडकासारखे अडथळे आल्यास प्रवाह डाव्या बाजूला विचलित होतो. द्वितीय प्रवाहामुळे डाव्या किनाऱ्याची झीज होते व तयार झालेला गाळ प्रवाहाच्या दिशेने थोडासा पुढे जाऊन उजव्या किनाऱ्यावर साठविला जातो. अशा तऱ्हेने दुसरा अडथळा येईपर्यंत नदीचा प्रवाह डाव्या बाजूस वळविला जातो. म्हणजे वळणांसाठी नदीच्या मागात स्वैरपणे उजव्या व डाव्या बाजूस अडथळे येणे आवश्यक असते. हे स्पष्टीकरण जरी शक्य वाटत असले तरी थोडी शंका राहातेच. नदीच्या प्रत्यक्ष प्रवाहाचा विचार करावयाचा असल्यास अधिक चिंतनाची आवश्यकता आहे.

नाचणारी तोटी

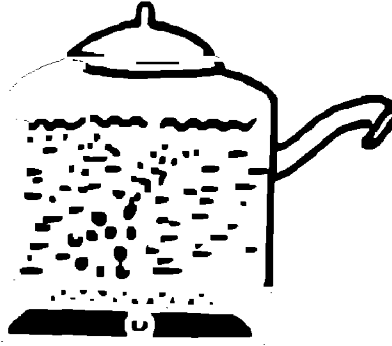


नळाची तोटी चालू करा. तोटीला उलट्या दिशेने असे फिरवा की नळातून पडणारी धार बारीक व संथ राहील. आता धारेमध्ये तुमचे बोट ठेवा. बोटापासून तोटीपर्यंच्या धारेत अप्रगामी तरंगा सारखा आकृतीबंध तयार झालेला दिसतो. या आकृतिबंधाची आवर्तिता ही तुमचे बोट व तोटी यामधील अंतरावर अवलंबून असते, ह्याची नोंद घ्या. या विचित्र प्रकाराचे कोणतेही समाधानकारक उत्तर आम्हाला माहीत नाही. या बाबत करू शकाल का तुम्ही काही मदत ?

उत्तरे

1

किटलीचे गुणगुणणे



किटलीतील पाण्याचा सगळ्यात खालचा थर प्रथम तापविला जातो. तापमान वाढत असताना किटलीच्या तळावर वाफेचे बुडबुडे (हवेचे बुडबुडे नव्हे) तयार होतात. हे वाफेचे बुडबुडे पाण्यापेक्षा हलके असतात. त्यामुळे ते किटलीतील पाण्यात वर चढतात. वर जाताना हे बुडबुडे तुलनात्मक दृष्ट्या अधिक थंड थराच्या संपर्कात येतात. त्यामुळे वर जाताना त्यांचे आकुंचन होत जाते. अखेर ते फुटतात. या फुटणाऱ्या बुडबुड्यांची संख्या खूप जास्त असते. ते सर्व फुटतांना गुणगुण असा आवाज होतो. जितके जास्त बुडबुडे तयार होऊन फुटतात तितका आवाज जास्त ऐकू येतो. सरतेशेवटी जेव्हा किटलीतील संपूर्ण पाण्याचे तपमान उत्कलनांका एवढे होते तेव्हा वाफेचे बुडबुडे थंड थरांच्या संपर्कात न आल्यामुळे फुटत नाहीत. त्या वेळेस गुणगुणण्याचा आवाज बंद होतो व संपूर्ण पाणी उकळू लागते.

चहाच्या कपात चमचा

सुजाण गृहिणी चहाच्या कपात चमचा ठेवते, कारण चमचा धातूचा असतो. धातू उष्णतेचे

उत्तम वाहक असतात हे तिला माहीत असते. पुढील स्पष्टीकरण देऊ शकाल का तुम्ही ?

गरम चहा कपात टाकला असताना कपाच्या कडेच्या आतील थरांचे तपमान आधी वाढते आणि मग हळू हळू बाह्य थरांचे तपमान वाढत जाते. कपाच्या कडेच्या भिन्न थरांचे तपमान भिन्न असल्यामुळे त्या थरांचे प्रसरण देखील भिन्न प्रकारे होते त्यामुळे कप तडकतो. जाड कप पातळ कडेच्या कपापेक्षा लवकर तडकतो.

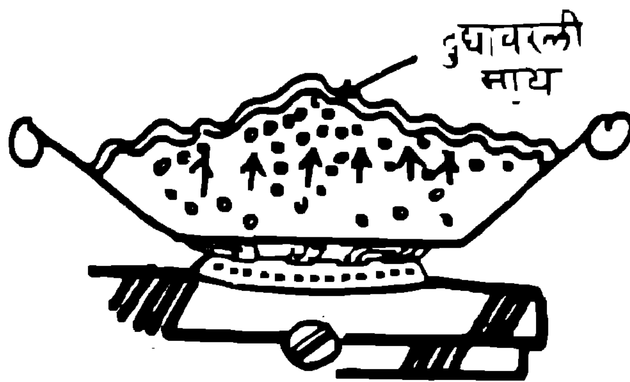
बर्फाच्या तबकाला जीभेने स्पर्श करू नका

तुमची बोटे नेहमीच ओली असतात. म्हणजेच त्यांच्यावर पाण्याचा अतिशय पातळ थर पसरलेला असतो. ज्या वेळेस तुम्ही तबकाच्या बाह्य हिमाच्छादित भागाला बोटाने स्पर्श करता तेव्हा तुमच्या बोटावरील पाणी गोठते. बोटांच्या दाबामुळे हे गोठलेले पाणी तबकाच्या बाह्य पृष्ठभागावरील बर्फाच्या स्फटिकांना चिकटते. तबकाच्या हिमाच्छादित भागाला जीभेने स्पर्श केल्यास जीभ तबकाला चिटकेल. त्यामुळे जीभेच्या स्पर्शित भागावरील मांसाचा तुकडा ओढला जाईल.

[illegible] कढईकडे

जेव्हा अन्न पदार्थ तळले जातात, तेव्हा तेल उकळत नाही तर अन्न पदार्थातील पाणी उकळते. पाण्याचा उत्कलनांक (पाणी ज्या तपमानावर उकळते ते तपमान) हा कथिलाच्या द्रवणांका (ज्या तपमानावर कथिल वितळते ते तपमान) पेक्षा कमी असतो ! या विधानात संबंधित स्पष्टीकरण सामावले आहे.

उतू जाणारा द्रव



दूध तापवित असताना त्याच्यातील स्निग्ध पदार्थ अलग होतात व त्यांचे पृष्ठभागावर

एक पातळ पटल तयार होते, हे प्रत्येकाला माहीत असते. दुधात तयार होणारे वाफेचे बुडबुडे (दुधात बरेचसे पाणी असते) या पटलामुळे अडविले जातात. या बंदिस्त वाफेच्या दाबामुळे हे पटल भांड्यात वरवर जाते व शेवटी काही दूध उतू जाते. दूध सतत ढवळत राहिल्यास हे पटल फाटते व आतील वाफेचा दाब कमी होतो. त्यामुळे दूध उतू जात नाही. अन्वीक्षा नि प्रमाद पद्धतीचा अवलंब करून गृहिणीने उपरोक्त तंत्र शोधून काढले आहे.

सूप मधील भोवरे



सूपच्या प्रवाहाचे व्युत्क्रमण हे 'विष्यंदी प्रत्यास्थिता' या चमत्काराचे सोपे उदाहरण आहे. (आदर्श द्रायूला विष्यंदिता नसते पण वास्तव द्रायू विष्यंदी असतात.) सूपला ढवळणे बंद केल्यावर सूपचे जे थर वाटीच्या पृष्ठभागाच्या सन्निध असतात ते घर्षणामुळे स्थिर होतात. तथापि वास्तव द्रायू विष्यंदी असल्यामुळे वाटीतील सूपचे वरील थर वाटीच्या पृष्ठभागाच्या सान्निध्यात फिरतच राहतात. वाटीच्या पृष्ठभागाच्या सान्निध्यातील स्थिर थर हे गतिमान थरांवर विष्यंदी प्रत्यास्थि पुनःस्थापी बल प्रयुक्त करतात. परिणामी गतिमान थरांची गती कमी होत जाते. शेवटी ते उलट दिशेने फिरू लागतात. स्प्रिंगला ओढून सोडून दिल्यास त्याच्यात दोलने निर्माण होतात. तद्वतच द्रव देखील दोलनकारी बनतो. सूपच्या विष्यंदितेमुळे ही दोलने शेवटी अवमंदित होतात. पेस्ट सारख्या खूप जास्त विष्यंदितेच्या द्रायूवर प्रयोग केल्यास असे आढळते की द्रायूच्या गतीचे फक्त एकदाच व्युत्क्रमण होऊन द्रायूची दोलने अवमंदित होतात.

स्वयंपाकघरातील सिंक

गतिमान पाण्याच्या धारेवरून तरंगांचे प्रसरण (गुरुत्व नियंत्रित) हे भौतिकशास्त्रीय तत्त्व

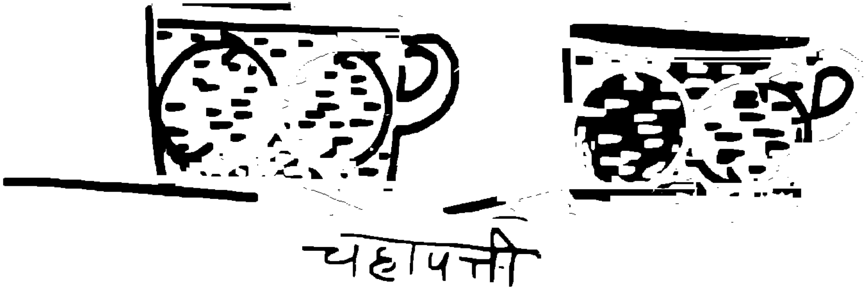
या सामान्य चमत्काराच्या मागे दडलेले आहे. या चमत्काराचे गुणविशेष फ्रॉडेच्या अंकावर अवलंबून असते. धारेची चाल व तरंगाची चाल यांच्या गुणोत्तराला फ्रॉडेचा अंक असे म्हणतात. फ्रॉडेचा अंक एक पेक्षा कमी असल्यास गुरुत्व तरंगाचे पाण्याच्या पृष्ठभागावर प्रसारण होऊ शकते. गुरुत्व तरंगाची चाल ही पाण्याच्या खोलीवर अवलंबून असते. सिंकवर ज्या ठिकाणी धार आदळते त्या ठिकाणी पाण्याची चाल पुरेशी जास्त असते व एकदम त्या पाण्याचा एक पातळ थर तयार होतो. या भागात फ्रॉडेचा अंक एकपेक्षा जास्त असतो. तथापि घर्षण अपरिहार्यपणे पाण्याची चाल कमी करते व त्यांच्या प्रसारणास मज्जाव करते. परिणामी अंतराप्रमाणे पाण्याची खोली वाढत जाते. शेवटी ह्या खोलीला एक क्रांतिक मूल्य प्राप्त होते. या क्रांतिक मूल्यापेक्षा खोली जास्त झाल्यास फ्रॉडे अंक एकपेक्षा कमी होतो आणि गुरुत्व तरंगांचे प्रसारण चालू होते. येथेच एकदम पाण्याची भिंत तयार होते. तोटीपासून येणाऱ्या प्रवाहाची चाल जास्त असल्यास या वर्तुळाकार भिंतीची त्रिज्यादेखील जास्त असते. हा परिणाम वक्राकार तळ असणाऱ्या सिंकमध्ये अधिक स्पष्ट दिसतो. त्याचे कारण म्हणजे गुरुत्वामुळे निर्माण होणारा पाण्याचा उलटा प्रवाह. सिंकचे पाणी वाहून नेणारे छिद्र बंद केल्यास व सिंकमध्ये पाणी साचू दिल्यास या भिंतींची त्रिज्या हळू हळू कमी होत जाते आणि शेवटी ती पूर्णपणे नष्ट होते.

गोड प्रश्न

द्रवाचा पृष्ठभाग ताणलेल्या पटलासारखा होतो व ऊर्जा साठवून ठेवतो हे आपल्याला माहीत आहे. एकक क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावरील ही ऊर्जा म्हणजे द्रवाचा पृष्ठताण. या पृष्ठताणामुळे द्रवाच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ कमीत कमी राहत असते. ज्या वेळेस संचित मधाचे वजन हे पृष्ठताणामुळे निर्माण होणाऱ्या बलापेक्षा जास्त होते त्यावेळेस मध ओढला जाऊन खाली पडतो. सुरीच्या पात्याने मधाची धार खंडित केल्यास पात्यावरील धारेचे वजन कमी होते. सुरीचे पाते धारेमध्ये भांड्याच्या तोंडापासून खूप खाली नसल्यास मधाच्या पृष्ठताणामुळे निर्माण होणारे बल गुरुत्वीय बलावर मात करते.

नळाची तोटी थोडीशी सोडली असताना त्यातून पडणाऱ्या पाण्याच्या थेंबाचे निरीक्षण करून आम्ही वरील मुद्दा पडताळून पाहिला. तोटीच्या तोंडाशी पाणी संचित झाल्यास पाण्याचे थेंब लांबट झालेले आम्हाला आढळले. थेंब जसजसे मोठे होतात तसतसे अधिकाधिक लांबट होतात व शेवटी तोटीपासून विलग होतात आणि उरलेले पाणी अखडून तोटीत वापस जाते.

चहाच्या कपात आईन्स्टाईन



द्रवाच्या परिवलनामुळे द्रवावर अपकेंद्रीबल कार्य करते. द्रवाचे परिवलन स्थान पदार्थाच्या परिवलनासारखे असते तर या अपकेंद्री बलामुळे द्रवाच्या प्रवाहात कोणताही बदल झाला नसता. पण घर्षणामुळे कपाच्या आतल्या बाजूच्या सान्निध्यातील द्रव हळू फिरतो व त्याचा कोनीय वेग कपातील इतर द्रवाच्या कोनीय वेगापेक्षा कमी असतो. विशेषत: कपाच्या तळाजवळील द्रवाचा कोनीय वेग व त्यावर कार्य करणारे अपकेंद्री बल या दोन्ही राशी कमी असतात. कपातील द्रव वर गेल्यास या दोन्ही राशी वाढत जातात. ह्याचा परिणाम म्हणून द्रव वर सांगितल्याप्रमाणे वर्तुळाकार मार्गाने फिरू लागतो. कपाच्या तळावर व उभ्या कडेजवळ घर्षणामुळे द्रव स्थिर असतो. चहाची पत्ती परिवलन गतीमुळे द्रवात मध्यभागी येते.

चहाचे परिवलन होत असताना कपातील चहाचा पृष्ठभाग वक्राकार असून त्याचा खोलगट भाग वर असतो याची तुम्ही नोंद घेतली असेलच. या अवस्थेत आईन्स्टाईनने निर्देशित केलेल्या द्वितीय प्रवाहाची दिशा अशी असते की चहाची पत्ती कपाच्या मध्यभागापासून दूर लोटली जाते. कपातील चमचा काढून टाकल्यास व द्रवाची गती कमी होऊ दिल्यास चहाचा पृष्ठभाग सपाट होऊ लागतो व द्वितीय प्रवाहाची दिशा उलटी होते आणि चहाची पत्ती कपाच्या तळाच्या मध्यभागी जमा होते.

2

पेय घ्या

पेय पिताना आपण सर्वप्रथम फुफ्फुसाच्या साहाय्याने छाती फुगवितो. या फुगवट्यामुळे आपल्या तोंडातील हवा विरल होते. त्यामुळे तोंडात हवेचा दाब कमी होतो. बाहेरील वातावरणाच्या दाबामुळे भांड्यातील पेय आपल्या तोंडामध्ये कमी दाबाच्या क्षेत्रात लोटले जाते.

पेयाने भरलेल्या बाटलीचे तोंड तुम्ही ओठांनी बंद केल्यास तुम्ही द्रव तोंडात ओढू शकत नाही. कारण पेयावरील हवेचा दाब व तोंडातील हवेचा दाब दोन्ही सारखेच असतात. तुम्हाला बाटली तुमच्या तोंडात उपडी करावी लागते. गुरुत्वामुळे पेय बाटलीतून तोंडात जाते.

साबण आणि मळ

मळाचे कण तेलकट अथवा प्रभारित असतात. निव्वळ पाण्याने धुवून ते निघत नाहीत कारण त्याचा अंगभूत गुण आपल्या शरीरावर आणि कपड्यावर चिकटण्याकडे असतो. विशेष म्हणजे तेल पाण्यात मिसळत नाही. साबणाच्या रेणूंचे खास वैशिष्ट्य असे की, (त्यांच्या रैणव रचनेमुळे) त्यांचा गुण तेलकट व प्रभारित कणांना चिकटण्याकडे असतो. नंतर पाण्याने धुतल्यामुळे कपड्यातील मळ साबणासहित निघून जातो.

जळती ज्योत

संरक्षित ज्योत पुढे नेल्यास पुढे कललेली दिसते, मागे नाही. हे आपल्या अपेक्षेच्या एकदम उलट आहे. याचे कारण म्हणजे ज्योत गरम असल्यामुळे सभोवतालच्या हवेपेक्षा हलकी असते. हलक्या वस्तूवर बल प्रयुक्त केल्यास ती अधिक द्रुतगतीने पुढे जाते. (न्यूटनचा दुसरा गतिविषयक सिद्धांत) ज्योत हलकी असल्यामुळे ती सभोवतालच्या हवेपेक्षा जास्त जलदरीतीने पुढे जाईल आणि त्यामुळे ती समोरच्या बाजूने विचलित झालेली दिसेल.

गमतीदार नसराळे

द्रव बाटलीमध्ये जाऊ लागला की आतील हवेचे आकारमान कमी होऊ लागते. ही हवा बाटलीच्या बाहेर जाऊ शकत नाही. नसराळ्यातील द्रवाचे वजन तोलले जाईल इतपत बाटलीतील हवेचा दाब वाढत जातो. बाटलीतील सपीडित हवा निघून जाण्यासाठी तुम्हाला नसराळे थोडे वर उचलावे लागते मगच द्रवाचा पुन्हा अधोगामी प्रवाह चालू होतो.

विझली !

न्यूटनचे शीतन विषयक नियम (गतिविषयक नव्हे) येथे लागू पडतात. या नियमांपैकी एक नियम असे सांगतो की गरम वस्तू व सभोवतालचा परिसर यांच्या तपमानात जास्त फरक असेल तर वस्तू लवकर थंड होते. याच कारणामुळे चहा हिवाळ्यात लवकर थंड होतो. त्याचप्रमाणे गरम चहा अथवा दुधावर फुंकर मारली असता ते लवकर थंड होतात. फुंकर मारल्यामुळे गरम द्रवावरची गरम हवा दूर जाते व त्या ठिकाणी थंड हवा येते आणि त्यामुळे द्रव थंड होण्यास मदत होते. न्यूटनचा शीतन विषयक दुसरा नियम असे सांगतो की गरम वस्तूच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ जास्त असल्यास ती लवकर थंड होते. याच कारणास्तव बशीत ओतलेला चहा लवकर थंड होतो.

मेणबत्तीसाठी वरील दोन्ही नियम लागू पडतात आणि जळत्या वायूरूप मेणाचे तपमान इंधांकाच्या खाली घसरते. (मेणाचा इंधांक म्हणजे असे तपमान की त्या तपमानाच्या खाली वायूरूप मेण जळत नाही) ज्यावेळेस आपण जळत्या मेणबत्तीला फुंकर घालतो त्यावेळेस

(अ) आपण ज्योतीच्या सान्निध्यातील गरम हवा विस्थापित करून त्या ठिकाणी थंड हवा आणतो.

(ब) जळत्या वायूरूप मेणाचा गोलाकर विरुपित करतो व त्याच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ वाढवितो. साध्या भूमितीच्या सहाय्याने असे दाखविता येते की दिलेल्या आकारमानाच्या पदार्थासाठी गोलाच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ कमीत कमी असते. दुसऱ्या कोणत्याही आकारासाठी पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ जास्त असते.

पुरेशा गरम हवेच्या झोताने कोळसा जाळता येतो अथवा वस्तूंवरील रंग उखडून टाकता येतात असे सांगितल्यास तुम्हाला आश्चर्याचा धक्काच बसेल. अशा तऱ्हेची साधने परदेशात वापरतात. त्या साधनांना हॉट एअर स्ट्रिपर अथवा पोकर असे म्हणतात.

हळू इस्त्री करा

कपड्यावर पाणी शिंपडल्यामुळे कपड्यातील खळाचे द्रावण तयार होते. यामुळे कपडा मऊ होण्यास मदत होते. गरम इस्त्रीमुळे पाण्याचे पटकन बाष्पीभवन होते व कपडा ताठ आणि वळ्या विरहित राहतो.

आग ! आग !

पाणी उत्तम अग्निशामक असण्यामागे दोन कारणे आहेत. सर्वप्रथम पाणी जळणाऱ्या पदार्थापासून बरीचशी उष्णता शोषून घेते. (पाण्याचा विशिष्ट उष्मांक जास्त असतो हे आपल्याला माहीत आहेच.) त्यामुळे पदार्थ थंड होण्यास मदत होते. दुसरा मुद्दा म्हणजे जळणाऱ्या पदार्थाच्या संपर्कात पाणी येताच ते उकळते व त्याची वाफ होते. या तयार झालेल्या वाफेचे आकारमान खूप जास्त असते त्यामुळे ती वाफ जळणाऱ्या पदार्थासभोवतालची बरीचशी जागा व्यापून टाकते. त्यामुळे पदार्थाला जळण्यासाठी आवश्यक असलेला प्राणवायू मिळत नाही.

बर्फाचा धूर

बर्फाची लादी वातावरणात मोकळी ठेवल्यास तिच्यापासून दाट धूर निघालेला दिसतो.

हा धूर म्हणजे कोणताही वायू नाही. हा धूर म्हणजे लादीच्या सान्निध्यातील हवेतील थंड झालेले बाष्प. लादीच्या सान्निध्यातील हवा खूप थंड होते तेव्हा सभोवतालच्या जागेतील बाष्पाचे संघनन होऊन छोटे छोटे पाण्याचे थेंब तयार होतात. हवेच्या प्रापण प्रवाहाबरोबर खाली-वर जाताना हे संघनित बाष्प धुरासारखे दिसते.

तबकडी सोबत

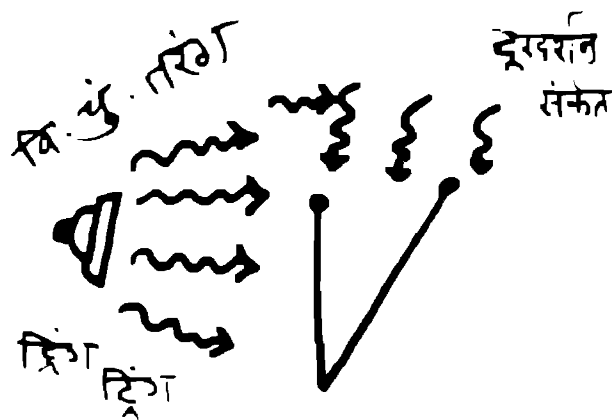
खालील मुद्दे महत्वाचे आहेत :

अ) पहिला मुद्दा म्हणजे पेयाने भरलेला पेला तुम्ही हाताने धरता. पेल्याचे वजन अशा तऱ्हेने तोलल्या गेल्यामुळे विचारात घेण्याची गरज नाही.

ब) पेल्याचा बाह्य तळ व चकतीचा वरील पृष्ठभाग यांच्यामधील पाण्याच्या पातळ थरामुळे त्या भागातील सर्व हवा निघून गेलेली असते. त्यामुळे चकतीवर कार्य करणारा अधोगामी दाब हा फक्त या पाण्याच्या थरामुळे निर्माण होतो. चकती वर उचलली जाण्यासाठी चकती व पाण्याचा थर यांचे एकत्रित वजन हे चकतीच्या तळावर वातावरणामुळे कार्य करणाऱ्या उत्प्रणोहापेक्षा कमी असले पाहिजे. जड चकती उचलली जात नसेल तर आश्चर्य वाटण्याचे कारण नाही.

क) चकतीचा वरील पृष्ठभाग पुरेसा गुळगुळीत असणे आवश्यक आहे. यामुळे चकती आणि पेल्याचा बाह्य तळ यामधील पाण्याच्या थरात हवेचे बुडबुडे राहणार नाहीत.

दारावरील विद्युत घंट्या व दूरदर्शन संचाचे पडदे



ज्यावेळेस तुम्ही दारावरील विद्युत् घंटीचे बटन दाबता त्यावेळेस विद्युत् धारा चालू होते

आणि घंटी वाजू लागते. ही धारा त्वरणित प्रभारांची असते. हे त्वरणित प्रभार विद्युत् चुंबकीय तरंग उत्सर्जित करतात. (विद्युत् चुंबकीय चमत्काराचा सिद्धांत जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल या शास्त्रज्ञाने एकोणिसाव्या शतकात मांडला. या सिद्धांतानुसार मॅक्सवेलने उपरोक्त तरंगाचे भाकित केले होते. हे तरंग निर्वात प्रदेशांत प्रकाशाच्या वेगाने पुढे जातात. खरे म्हणजे प्रकाश हा विद्युत् चुंबकीय लहरींचेच एक स्वरूप आहे) नेहमीचे टीव्ही सिग्नल (ते सुद्धा विद्युत् चुंबकीय लहरीच असतात) व उपरोक्त तरंग यांचे व्यतिकरण होते आणि त्यामुळे दूरदर्शन संचाच्या पडद्यावर विक्षोभ निर्माण होतो. ज्या ज्या वेळेस संचाच्या पडद्यावर असा विक्षोभ तुमच्या निदर्शनास येईल त्या त्या वेळेस मॅक्सवेल व त्याची समीकरणे यांचा विचार करा.

ट्रॅक्टर आणि म्हशी

वजन व दाब या दोन संज्ञांमधील फरकावर संबंधित कोड्याचे उत्तर आधारलेले आहे. शेतकरी व त्याची म्हैस यांच्यापेक्षा ट्रॅक्टरचे वजन खूप जास्त असते पण ते जास्त पृष्ठभागावर विखुरलेले असते. परिणामी ट्रॅक्टरसाठी त्याच्या तळावरील एकक चौरस से.मि. क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावरील भार बराच कमी असतो. शेतकऱ्याचे वजन त्याच्या तळपायाच्या म्हणजे कमी क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावर विखुरलेले असते. त्यामुळे शेतकरी व म्हैस यांनी जमिनीवर प्रयुक्त केलेला दाब (एकक क्षेत्रफळावरील भार अथवा वजन) खूप जास्त असते. वस्तूचे जमिनीत रुतणे हे तिच्या वजनावर अवलंबून नसते तर ते त्या वस्तूने प्रयुक्त केलेल्या दाबावर अवलंबून असते.

बाटली फेकणे

बस अथवा आगगाडी ज्या दिशेने गतिमान आहे, त्याच दिशेने बाहेर उडी मारणे कमी धोकादायक असते हे आपणाला माहीत आहे. त्यामुळे बाटली देखील मोटारीच्या गतीच्या दिशेनेच फेकावी असे तुमचे मत होईल. पण ते चुकीचे आहे. बाटली मोटारीच्या गतीच्या उलट दिशेने फेकावयास हवी. अशा वेळेस बाटलीचा प्रक्षेपण वेग तिच्या जडत्वीय वेगाच्या (मोटारीचा वेग) उलट असल्यामुळे जमिनीवर आदळताना आघात सौम्य राहील. ती जर मोटारीच्या दिशेने फेकली तर तिचा प्रक्षेपण वेग व जडत्वीय वेग यांची बेरीज होईल व तिचा जमिनीवर आघात तीव्र स्वरुपाचा राहील.

मग चालत्या बसमधून बाहेर उडी मारून बसच्या दिशेने पळण्यात धोका कमी का असतो ? याचे-उत्तर असे की त्या वेळेस आपण जमिनीवर उपडे पडणे व स्वतःला इजा करून घेणे टाळतो.

पाण्याखालून पोहणे

पाण्या खालून पोहताना आपल्या डोळ्यांवर पाण्याचा थर जमा होतो. डोळयांचे भिंग ज्या पदार्थाचे असते त्या पदार्थाचा अपवर्तनांक व पाण्याचा अपवर्तनांक जवळपास सारखेच असतात. त्यामुळे पाण्यातून डोळ्यांत प्रवेश करणाऱ्या किरणांचे विशेष असे अपवर्तन होत नाही. परिणामी दृष्टिपटलावर स्पष्ट प्रतिमा तयार होत नाही आणि म्हणून आपण योग्य तऱ्हेने पाहू शकत नाही. पण आपण गॉगल घातल्यास आपले डोळे व पाणी यांच्या मध्ये हवेचा थर बंदिस्त होतो. हवा व डोळ्यांचे भिंग यांचे अपवर्तनांक बरेच भिन्न असतात. त्यामुळे डोळ्यांत प्रवेश करणाऱ्या किरणाचे योग्य अपवर्तन होते आणि त्यामुळे आपल्याला बरेच चांगले दिसण्यास मदत होते.

अंधत्व निर्माण करणारा प्रकाश

आपल्या डोळ्याच्या दृष्टिपटलात दंड पेशी व शंकू पेशी अशा दोन प्रकारच्या प्रकाश ग्राही व प्रकाश संवेदी पेशी असतात. दंड पेशी रंग संवेदी नसतात पण कमी तीव्रतेच्या प्रकाशास संवेदी असतात. त्यामुळे त्या रात्रीच्या वेळी पाहण्यास उपयोगी पडतात. शंकू पेशी जास्त तीव्रतेच्या प्रकाशास संवेदी असतात. शंकू पेशींना रंगज्ञान नसते. दृष्टिपटलावर प्रकाश पडल्यास पटलातील प्रकाशग्राही पेशींतील रंजकद्रव्य प्रकाश ऊर्जा शोषून घेते. रंजक द्रव्य म्हणजे ऱ्होडोस्पीन नावाचे प्रथिन होय. त्याला पूर्वी व्हिज्यूअल पर्पल म्हणजेच दृश्य जांभळा म्हणत असत.) या प्रक्रियेत एक प्रकाश रासायनिक पदार्थ तयार होतो व तोच पदार्थ मज्जातंतू मध्ये आवेग निर्माण करतो. प्रकाश संवेदी रंजक द्रव्याची पुनर्निमिती झाल्यावर दृक्‌चक्र (व्हिज्यूअल सायकल) पूर्ण होते. काही तीव्रतेच्या आपाती प्रकाशा (इन्सिडेंट लाईट) साठी पापण्यांची उघडझाप करून अथवा दृष्टिपटलावर पडणारा प्रकाश कमी जास्त करून रंजक द्रव्याचा ऱ्हास व त्याची पुनर्निमिती यांचा आपण समतोल साधू शकतो. आपाती किरणांची तीव्रता एकदम बदलल्यास हा समतोल बिघडतो व तो पुन्हा स्थापित होईपर्यंत आपल्याला क्षणिक दृष्टि-क्षीणता येते. आपाती प्रकाशाची तीव्रता खूपच असल्यास आपल्याला डोळे पूर्णपणे बंद ठेवावे लागतात.

दूरदर्शन संचाशी गुणगुणणे

जेव्हा एखादी व्यक्ती काही स्वरमानाने अथवा वारंवारतेने गुणगुणते त्या वेळेस त्या व्यक्तीच्या बुबुळाची देखील त्याच वारंवारतेने कंपने होतात. हे असे का होते याचा सविस्तर अभ्यास डब्ल्यू.ए.एच. रुशटॉन (इंद्रियविज्ञानशास्त्र विषयक प्रयोगशाळा, केंब्रिज विद्यापीठ) यांनी केला. त्या संबंधी त्यांनी प्रतिष्ठित वैज्ञानिक नियतकालिकातून (नेचर, खंड 216, पृष्ठ 1173-1175) लेख लिहिला होता. गुणगुणण्यामुळे मेंदूवर काय परिणाम होतो याचे त्यांनी इंद्रियविज्ञानशास्त्रविषयक स्पष्टीकरण त्या लेखात दिले आहे. हा परिणाम पडताळून पाहण्यासाठी त्यांनी त्या लेखात बरेच प्रयोग सुचविले आहेत.

दूरदर्शन संचाच्या पडद्यावर चित्र निर्माण करण्यासाठी पडद्याला उत्तेजित करणारी इलेक्ट्रॉन शलाका एका रेषेनंतर दुसऱ्या रेषेचे क्षितिज समांतर आवर्ती क्रमवीक्षण करीत असते. संचाच्या पडद्यावर वरून खाली प्रसर्पित होण्याची इलेक्ट्रॉन शलाकेची वारंवारिता खूप जास्त असते. त्यामुळे आवर्ती प्रतिमा आपल्या डोळ्याला अखंड दिसत राहतात. संच बघणारा गुणगुणत असेल व त्याच्या गुणगुणण्याची वारंवारता ही संचाच्या प्रसर्प वारंवारते एवढी असेल तर त्याच्या डोळ्यांची उघडझाप देखील तेवढ्याच वारंवारतेने होते आणि त्यामुळे त्याच्या दृक्पटलावर संचाच्या पडद्याची स्थिरभास प्रतिमा तयार होते. म्हणजेच दृक् पटलावर प्रतिमा गोठविली जाते. जर तो खूप जास्त अथवा खूप कमी वारंवारतेने गुणगुणत असेल तर प्रतिमा वर किंवा खाली जाताना दिसेल. हा परिणाम फक्त गुणगुणणाऱ्या व्यक्तीसच दिसेल हे उघड आहे.

चॉकलेटचे वेटोळे

द्रवरूप चॉकलेटसाठी पृष्ठताण कमी, आसंजनशीलता आणि विष्यंदिता खूप जास्त असतात. कमी पृष्ठताण व उच्च आसंजनशीलतेमुळे द्रवरूप चॉकलेट थेंब थेंब न पडता अखंड धारेने खाली पडते. द्रवरूप चॉकलेटला उच्च विष्यंदिता असल्यामुळे ते सपाट पृष्ठभागावर पडल्यानंतर लवकर पसरू शकत नाही. प्रथम टप्प्यात पडणाऱ्या द्रवरूप चॉकलेटचा एक ढीग तयार होतो व या ढिगाचा आकार थोडा वेळ तसाच राहतो. धारेवाटे पडणारे पुढील द्रवरूप चॉकलेटचे एकमेकांवर भिन्न थर निर्माण होतात. पडलेल्या संपूर्ण द्रवाचा एकच ढीग होईपर्यंत प्रत्येक भिन्न थर स्वतःचे अस्तित्व कायम ठेवतो. एकमेकावर पडणाऱ्या या भिन्न थरांमुळे आपल्याला द्रवरूप चॉकलेटचे वेटोळे झालेले दिसते. प्रसंगानुरूप येथे असे नमूद करावेसे वाटते की शॅम्पसाठी देखील असाच परिणाम दिसतो.

पाळण्यात आराम करा

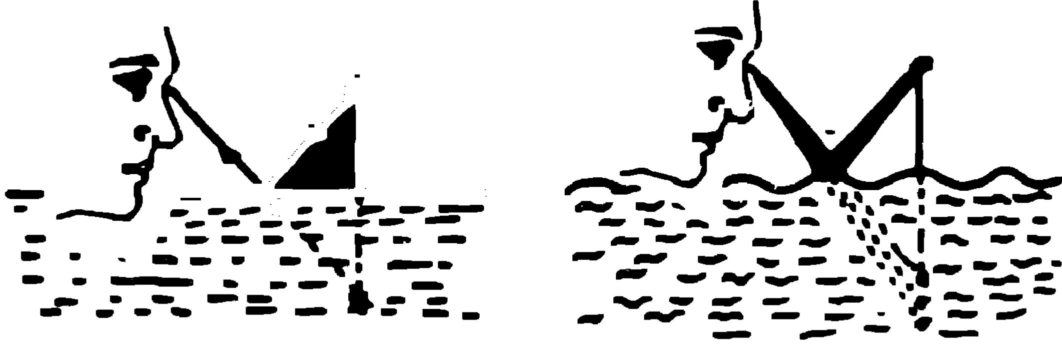
जेव्हा तुम्ही सपाट स्टूलवर बसता त्या वेळेस तुमचे वजन कमी क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावर विखुरलेले असते. सामान्यपणे खुर्चीचे बैठकस्थान अंतर्वक्र असते. त्यामुळे तिच्यावर बसल्यावर तुमचे वजन जास्त क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावर विखुरले जाते. म्हणजेच तुम्ही खुर्चीवर कमी दाब (एकक क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावर प्रयुक्त केलेला भार/ वजन) प्रयुक्त करता. मऊ गादीवर जेव्हा आपण झोपतो तेव्हा आपल्या शरीरच्या उंच सखल भागांना अनुरूप असे खळगे गादीवर निर्माण होतात त्यामुळे आपले वजन समप्रमाणात विखुरले जाते आणि दाब सर्वत्र कमी होतो. पाळण्यात अथवा मऊ गादीवर आरामशीर वाटण्याचे हेच कारण आहे.

जहाजावरील खेळ

गलबत समगतीने (म्हणजेज एकसमान चालीने) पुढे जात असेल तर कोणालाही फायदा होणार नाही. चेंडू फेकल्यानंतर, जो गलबताच्या समोरील बाजूस उभा आहे तो चेंडूपासून दूर जात आहे व जो गलबताच्या मागील बाजूस उभा आहे तो चेंडूकडे येत आहे असे तुम्हाला वाटेल. थोडा विचार केला तर तुम्हाला कळेल की तुमचे उपरोक्त अनुमान चूक आहे. चेंडू व दोन्ही मित्र गलबतावर असल्यामुळे त्यांना गलबताचीच चाल राहील. ह्या चालीला जडत्वीय चाल असे म्हणतात. त्यामुळे जोपर्यंत गलबत एकसमान चालीने पुढे जात आहे तोपर्यंत कोणाही एकाला दुसऱ्याच्या तुलनेत कोणताही फायदा होणार नाही.

खरे म्हणजे अशा गलबतातील सर्व प्रवाशांना असे वाटते की गलबत स्थिर आहे आणि पाणी व किनारा उलट दिशेने गतिमान आहेत. एकसमान गतीची अवस्था व स्थिर अवस्था यांच्यातील फरक शोधण्यासाठी कोणतीही भौतिक पद्धत उपलब्ध नाही. एक समान वेग पूर्णपणे सापेक्ष आहे. विश्वास ठेवा अगर ठेवू नका. वरील विधान हे प्रसिद्ध सापेक्षता वादाचे तत्त्व आहे.

लांब पण तुटक



तलाव अथवा डबक्यातील पाण्याचा पृष्ठभाग शांत असेल तर तो सपाट आरशासारखा काम करतो. त्यामुळे परावर्तनाचे नियम पाळले जातात.(आपाती कोन व परावर्तन कोन समान असतात) तलावाच्या विरुद्ध काठावर स्थित असलेल्या बिंदूरूप प्रकाश उद्गमस्थानापासून प्रकाश किरण निघतील व पाण्याच्या पृष्ठभागावरील विशिष्ट बिंदूपासून परावर्तित होणारे किरणच फक्त आपल्या डोळ्यांत जातील. त्यामुळे उद्गमस्थानाची स्पष्ट प्रतिमा आपल्याला दिसेल. वाऱ्यामुळे पाण्याच्या पृष्ठभागावर तरंग निर्माण झाल्यास आपल्या दृष्टीने पृष्ठभागावर बरेचसे बिंदू असे असतील की त्यांच्यापासून परावर्तित होणारा प्रकाश आपल्या डोळ्यांत जाईल. त्यामुळे आपल्याला बऱ्याच प्रतिमा दिसतील. तरंगाची हालचाल झाल्यास उपरोक्त बिंदू बदलतील. त्यामुळे प्रतिमा विस्थापित होईल.

बूट पॉलिश

जोड्याला पॉलिश करणे हे आपले नित्याचे काम. पॉलिश केल्यामुळे जोड्याला चकाकी येते याचा आपण कधीच विचार करीत नाही. अर्थात त्याचे उत्तर देखील सोपे नाही. कातड्याच्या पृष्ठभागावर बरेच उंचवटे, खळगे व केस असतात. यांच्या मिती प्रकाशाच्या तरंग लांबी एवढ्या असतात. त्यामुळे त्यांच्यापासून प्रकाश किरणांचे सर्व दिशांना विकिरण होते. त्यामुळे जोड्याचा पृष्ठभाग चकचकीत दिसत नाही. पॉलिश लावून ब्रश फिरविल्यामुळे कातड्याच्या पृष्ठभागावरील ओबडधोबडपणा निघून जातो आणि पृष्ठभाग प्रकाशासाठी सपाट होतो. परावर्तनाच्या नियमांमुळे पृष्ठभाग आरशासारखा काम करतो.

स्वार झाल्यावरच



संबंधित कोड्याचे उत्तर गतिशास्त्रातील संवेग अक्षय्यतेच्या नियमावर आधारलेले आहे. दुचाकीचा पाया (टायर) अरुंद असतो व तिचा गुरूत्वमध्य जमिनीपासून बराच उंच असतो. त्यामुळे दुचाकीला गती नसल्यास ती सरळ उभी राहू शकत नाही. दुचाकी थोडीशी कलल्यास तिच्या गुरुत्वमध्यातून जाणारी सरळ उभी रेषा तिच्या पायाच्या (आधाराच्या) बाहेर राहते आणि त्यामुळे ती पडते. दुचाकीला लोटण गती दिल्यास तिच्या चाकांना घूर्णनगती प्राप्त होते. चाके भौतिक कणांची बनलेली असतात. त्यांचा कल हा चाकांना स्पर्श करणाऱ्या रेषेने परंतु दोन्ही चाकांच्या प्रतलात पुढे जाण्याकडे असतो. घर्षण नसल्यास जडत्वाच्या नियमानुसार ती चाके उपरोक्त प्रतलात पुढे जात राहतील. परिणामी चाकांचा कल त्यांची दिशाभिमुखता टिकविण्याकडे असते. त्यामुळे दुचाकी पडत नाही. घर्षणामुळे दुचाकीची गती कमी झाल्यास चाके झोकांड्या खातात व शेवटी दुचाकी पडते.

शिळेतला सुस्वर

'छिद्र स्वरक' या परिणामामुळे शीळ निर्माण होते. छिद्रातून पुरेशा वेगाने जेव्हा हवा जाते तेव्हा वलये तयार होतात या वलयांमुळे आवाज निर्माण होतो.

चहाच्या किटलीतून दखील शीळ एकू येते. हे पण छिद्र स्वरकाचेच उदाहरण आहे. किटलीमध्ये दोन छिद्रे असतात व त्यांच्यामध्ये पोकळी असते. हवेचा झोत एका टोकाकडून दुसऱ्या छिद्रावर आदळतो तेव्हा वलये निर्माण होतात व त्यामुळे आवाज निर्माण होतो. दुसऱ्या छिद्रातील हवेची ध्वनीक्षेपकातील पटलाप्रमाणे कंपने होतात. अधिक सविस्तर

स्पष्टीकरणासाठी आर.सी. चनॉद यांनी 'सांयटिफिक अमेरिकन' या नियतकालिकात लिहिलेला लेख (खंड 222, पृष्ठ 40-46) वाचा. तुम्ही पाण्यात शीळ वाजविण्याचा कधी प्रयत्न केला आहे का ? ते शक्य आहे का ?

कागद फाडा

कागद हा सेल्युलोजच्या तंतुपासून बनलेला असतो. जेव्हा तुम्ही कागद फाडता तेव्हा हे तंतु एकानंतर एक असे कटकन तुटतात. त्यामुळे कागदात कंपने निर्माण होतात. या कंपनांमुळे सभोवतालच्या हवेत ध्वनी लहरी निर्माण होतात. कागद जलदपणे फाडल्यास दिलेल्या कालावधीत जास्त तंतु कटाकट तुटतात आणि कंपनांची वारंवारिता वाढते. त्यामुळे निर्माण झालेल्या आवाजाचे स्वरमान पण वाढते.

बापरे ! किती थंड ?

उंचीनुसार तपमान कमी होण्यासाठी दोन कारणे :

अ) हानिकारक किरणे (क्ष किरणे, जंबुलातीत किरणे इत्यादी) हवा शोषून घेते पण सूर्यापासून येणारी उष्णता मात्र फारशी शोषून घेत नाही. पृथ्वीचा पृष्ठभाग (आणि आपल्या शरीराची कातडी) सूर्याची उष्णता शोषून घेतो व सान्निध्यातील हवेचे थर प्रापण प्रवाहामुळे गरम होतात.

ब) तथापि उंचीनुसार हवेची घनता व दाब हे दोन्ही कमी होत जातात. याचा परिणाम म्हणून पृथ्वीच्या पृष्ठभागामुळे तापविली गेलेली हवा प्रसरण पावते व वर जाताना थंड होते. ही प्रसरण पावलेली हवा फारशी वर जाऊ शकत नाही आणि ती पृथ्वीचा पृष्ठभाग व वरील थंड थर यामध्ये बंदिस्त होते.

आरशावरील बाष्प

उत्तर अतिशय सोपे आहे. आरशाच्या पृष्ठभागावर थोडे साबण अथवा स्वच्छ करणारा पदार्थ (डिटर्जंट) लावा. (बाहेर जोरदार पाऊस पडत असताना मोटारीच्या काचांच्या आतील बाजूस पण साबण अथवा स्वच्छ करणारा पदार्थ लावा.) नुकत्याच कापलेल्या बटाट्याच्या

चकतीने आरसा पुसला तरी देखील चालेल. आता नेमके काय होईल ? जे काय होईल ते पृष्ठताण (सर्फेस टेन्शन) व स्पर्श कोन (अँगल ऑफ कॉन्टॅक्ट) यांच्याशी निगडित राहील. (द्रवाच्या थेंबाने आधार पृष्ठभागाशी केलेला कोन म्हणजे द्रवाचा त्या आधार पृष्ठभागासाठी असलेला स्पर्शकोन). तुमच्या स्नानगृहातील आरसा कितीही स्वच्छ दिसत असला तरी त्याच्यावर बराच मळ असतोच. आरशावर संघनित झालेल्या बाष्पाचे पाणी आरशावर पसरू शकत नाही व त्याला ओले पण करू शकत नाही. अशा तऱ्हेने तयार झालेल्या पाण्याचे छोटे छोटे थेंब आरशावर जमा होतात. आरशाचा पृष्ठभाग मलीन असला तर आरसा व पाणी यांच्यातील स्पर्शकोन वाढतो. तुम्ही कितीही प्रयत्न केला तरी आरशावरील मळ पूर्णपणे निघणे शक्य नाही आणि थोडा जरी मळ शिल्लक राहिला तरी त्याचा स्पर्शकोनांवर परिणाम होतो. आरशाच्या पृष्ठभागावर एखाद्या द्रवाचा पातळ थर लावल्यास हा स्पर्शकोन कमी होतो. स्वच्छ करण्यासाठी वापरण्यात येणारा द्रव अथवा बटाट्याचा रस वापरून देखील उपरोक्त परिणाम साध्य होऊ शकतो. हे द्रव न वापरल्यास आरशावरील पाण्याचे छोटे छोटे थेंब आपाती प्रकाशाचे सर्व दिशांना विकिरण करतात. या विसरित विकिरणांमुळे आरसा धुकेरी दिसतो.

नाण्याचे लोटण

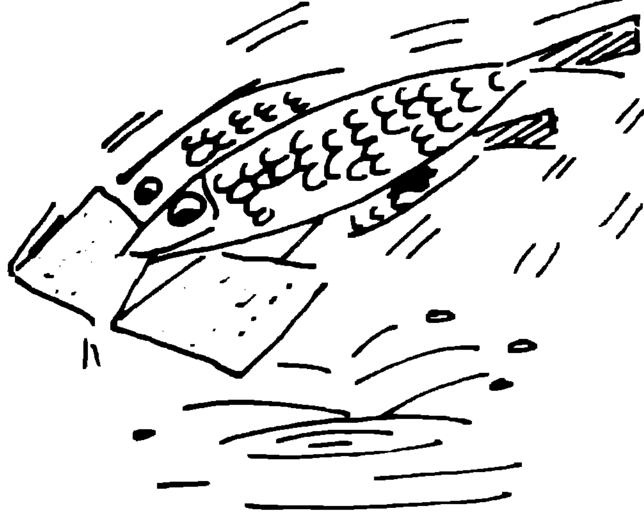
टेबलावर नाणे ठेवा, ते असे की नाणे त्याच्या कडावर सरळ उभे राहील. या अवस्थेत ते स्थिर राहात नाही. कारण ते ज्या पायावर (आधारावर) उभे ठेवण्याचा आपण प्रयत्न करतो त्या पायाचे क्षेत्रफळ खूपच कमी असते. नाणे थोडे जरी कलले तरी त्याच्या गुरुत्वामध्यामधून जाणारी सरळ उभी रेषा पायाच्या बाहेर जाईल. ताणलेल्या दोरावरून चालण्याची समस्या आणि उपरोक्त समस्या सारख्याच आहेत. नाण्याला थोडासा धक्का देताच त्याचे लोटण चालू होते आणि नाण्याला त्याच्या मध्य बिंदुतून जाणाऱ्या व त्याच्या प्रतलाला लंब असणाऱ्या अक्षाभोवती कोनीय गती प्राप्त होते. रेषीय गतीला जडत्व असते. त्याचप्रमाणे कोनीय गतीला सुद्धा जडत्व असते. नाण्याची घूर्णन अवस्था बाह्य बल प्रयुक्त केल्यास बदलते. असे बल प्रयुक्त न केल्यास नाण्याचे लोटण चिरकाल होत राहील.

(यालाच कोनीय संवेगाच्या अक्षय्यतेचा नियम म्हणतात,) तथापि प्रत्यक्षात नाण्याची कडा व टेबलचा पृष्ठभाग यांच्यात नेहमीच घर्षण असते. त्यामुळे नाण्याची लोटण गती कमी होत जाते व शेवटी नाणे कलंडते. परंतु कलंडण्यापूर्वी ते उजवीकडे अथवा डावीकडे वळते.

येथे एक विशेष मुद्दा लक्षात ठेवावयास हवा. नाणे कोणत्या दिशेला वळेल याचे प्रत्यक्षात भाकीत करता येत नाही. खरे म्हणजे गती विषयक नियमानुसार नाणे कोणत्या दिशेला वळेल हे निर्धारपूर्वक सांगता आले पाहिजे. नाण्याच्या गतीवर परिणाम करू शकतील अशा बऱ्याचशा बाबींवर आपला ताबा नसतो व बऱ्याचशा आपल्याला माहीत नसतात. (उदाहरणार्थः नाण्याच्या कडावरील सूक्ष्म दोष, टेबलाच्या पृष्ठभागावरील उंच सखलपणा, सभोवतीच्या

नाण्याच्या वेगातील चढ-उतार, अकस्मातपणे टेबलाचे कंपन होणे इत्यादी) या सर्वांना विचारात घेणे व त्यांचा अंदाज करणे अशक्य आहे.

तत्व असे आहे की शास्त्रीयदृष्ट्या केलेली निश्चिती व्यवहारात जशीच्या तशीच उतरेल की नाही हे ठरविता येत नाही

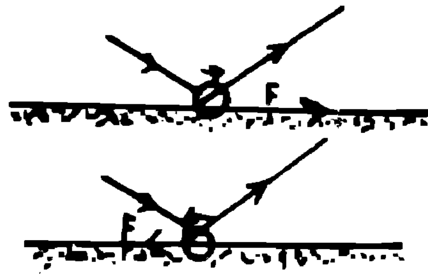


3

बिलिअर्डच्या खेळातील गूढ

या कोड्याचे उत्तर फारच आश्चर्यकारक आहे. दोन चेंडू परस्परावर आदळल्यानंतर टिक् असा आवाज निर्माण होतो. आघाती चेंडू ज्या दिशेने येतो त्या दिशेने टिक् या आवाजाची तीव्रता महत्तम असते. याचे कारण असे की आघाती चेंडू आपल्या सभोवतालची हवा लोटत नेतो. हा आघाती चेंडू जेव्हा दुसऱ्या चेंडूवर आदळतो तेव्हा आघाती चेंडू अत्यंत थोडा वेळ स्थिर राहतो, यामुळे त्याच्या मागून येणारी हवा एकदम संपीडित होते. यामुळे एक प्रकारचा अभिघात तरंग निर्माण होतो. त्या तरंगाची तीव्रता मागील बाजूने (म्हणजेच आघाती चेंडू ज्या दिशेने येतो त्या दिशेने) महत्तम असते.

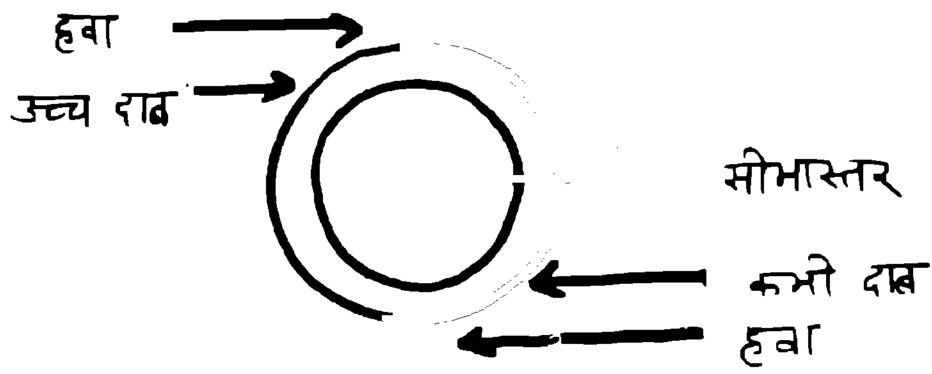
क्रिकेटचा खेळ



गोलंदाज जेव्हा चेंडू फेकतो तेव्हा चेंडूला आभ्राम मिळतो. चेंडू ज्या प्रतलात पुढे सरकतो त्या प्रतलाला चेंडूचा आभ्राम अक्ष लंब असतो. ज्या वेळेस हा चेंडू खेळपट्टीवर आदळतो त्या

वेळेस चेंडूचा पृष्ठभाग व खेळपट्टी यांचे मध्ये काही घर्षण निर्माण होते. सपाट खेळपट्टीसाठी हे घर्षणबल काही घूर्णन गतिज ऊर्जेचे स्थानांतरणीय ऊर्जेत रुपांतर करण्यास पुरेसे असते. या कारणामुळे खेळपट्टीवर आदळल्यानंतर चेंडू अधिक वेगाने पुढे जातो पण त्याचा आभ्राम मात्र कमी होतो. आभ्रामाची दिशा (घटीवत् अथवा प्रतिघटीवत्) कोणतीही असो तो घर्षण बलामुळे कमीच होतो. (हे आकृती द्वारे स्पष्ट होते.) परिणामी रेषीय चाल नेहमीच वाढते.

टॉप स्पिन्



महत्वाचा मुद्दा असा आहे. चेंडूला आभ्राम प्राप्त झाला असताना तो त्याच्या सान्निध्यात असलेला हवेचा पातळ थर (सीमास्तर) आपल्या बरोबर नेत असतो. यामुळे चेंडूच्या वरच्या भागावर हवेचा वेग व खालच्या भागावरील हवेचा वेग हे भिन्न असतात. त्यामुळे चेंडूच्या वरच्या भागावर हवेचा दाब व चेंडूच्या खालीत भागावरील हवेचा दाब भिन्न असतात. (बर्नाउलीचा सिद्धांत) चेंडूला खालच्या दिशेने वळविण्यासाठी त्याच्या वरच्या भागावर हवेचा जास्त दाब (आणि म्हणून हवेचा सापेक्ष वेग कमी) निर्माण करणे आवश्यक आहे. चेंडूला प्रक्षेपण दिशेच्या सापेक्षतेने अग्र आभ्रमण (forward spin) दिल्यास उपरोक्त परिणाम साध्य होऊ शकेल. संबंधित कोडे हे द्रायुगतिशास्त्रातील मॅग्नस् परिणामाचे उदाहरण आहे.

अनुवर्ती फटके

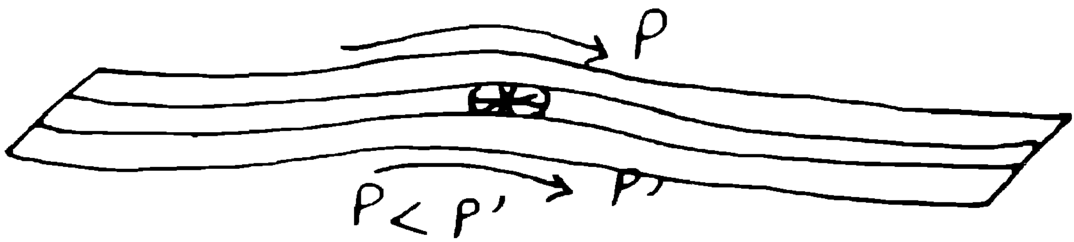
प्रधान चेंडू आपली स्थानांतरणीय गतिज ऊर्जा दुसऱ्या चेंडूला देतो पण घूर्णन ऊर्जा स्वतः कडेच ठेवतो. त्यामुळे टक्कर झाल्यावर तो गोल फिरू लागतो, थोडासा सरकतो व सरतेशेवटी टेबल आणि त्याच्यामधील घर्षणामुळे घरंगळत पुढे जातो. घर्षणामुळे होणारे परिणाम सोडल्यास ऊर्जेची अक्षय्यता कायमच असते.

4

धुराचे भोवरे

जळत्या सिगारेटपासून निघणारे तप्त वायू (धूर) प्रथम हळूहळू वर चढतात व त्यांचा प्रवाह सुवाही असतो. या वायूवर सभोवतालच्या थंड हवेमुळे प्लावक बल प्रयुक्त केले जाते त्यामुळे त्यांना त्वरण प्राप्त होते. वायू काही सेमी. अंतर वर गेल्यावर त्यांचा वेग क्षुब्धता निर्माण करण्यास पुरेसा होतो. त्यामुळे भोवरे तयार होतात.

फडफडणारा झेंडा



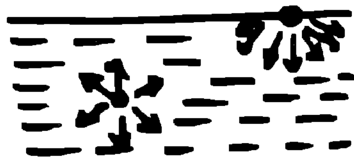
वारा जोरदार वाहत असतांना झेंड्याचा कपडा पूर्णपणे पसरलेला आहे व त्या कपड्यावर कुठेही उंच सखलपणा नाही अशी अवस्था विचारात घ्या. आणि झेंड्याच्या एका भागात

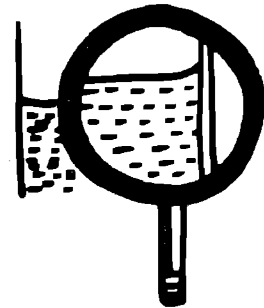
विक्षोभ निर्माण होऊन ऊर्मिका निर्माण झाला आहे असे समजा. वाऱ्याच्या झोताची गती ऊर्मिकेवरून जातांना वाढते. द्रूत गतीने वाहणाऱ्या वाऱ्यामुळे बर्नाउलीच्या सिद्धांतानुसार झेंड्याच्या ऊर्मिकेच्या भागावर कमी दाब निर्माण होतो. त्यामुळे झेंड्यावरील उर्मिकेच्या दोन बाजूस दाब भिन्नता निर्माण होते. हा प्रकार यादृच्छिकपणे झेंड्यावर सर्वत्र होतो. या दाब भिन्नतेमुळे हवेत झेंडा फडफडतो.

बुचकळ्यात टाकणारे फुगे

या कोड्याचे स्पष्टीकरण आर्कीमिडीजचे तत्व व आभासी बल यांच्यावर आधारित आहे. आर्कीमिडीजच्या तत्वानुसार हिलीयमने भरलेल्या फुग्यावर उर्ध्वगामी प्लावक बल कार्य करेल. त्या फुग्याने विस्थापित केलेल्या हवेच्या वजनामुळे हे प्लावक बल फुग्याच्या वजनापेक्षा जास्त राहील. त्यामुळे फुगा गुरूत्वाकर्षणामुळे खाली न येता हवेत तरंगतो. कारला पुढील दिशेने त्वरण प्राप्त होताच आतील जड वस्तूंवर जडत्वाच्या नियमानुसार मागच्या दिशेने कार्य करणारे बल निर्माण होते. कारला थांबविण्यासाठी ब्रेक लावल्यास आतील वस्तूंवर जडत्वाच्या नियमानुसार पुढील कार्य करणारे बल निर्माण होते. त्वरणित संदर्भ चौकटीत जडत्वाच्या नियमानुसार निर्माण होणाऱ्या या बलांना आभासी बल म्हणतात. ही बले प्रयुक्त बलापेक्षा भिन्न असतात. प्रयुक्त बलाप्रमाणे आभासी बले इतर भौतिक वस्तूंच्या सान्निध्यामुळे निर्माण होत नाहीत. आणि अंतरानुसार त्यांची महत्ता पण कमी होत नाही. ही पुढील व मागील बाजूंनी कार्य करणारी क्षितिज समांतर आभासी बले कारमध्ये गुरूत्वाकर्षणाचे काम करतात आणि त्यामुळे हिलीयमने भरलेले फुगे आभासी बलांच्या विरुद्ध दिशेने गतिमान होतात. या गतीसाठी आर्कीमिडीजच्या तत्वानुसार निर्माण होणारे प्लावक बल कारणीभूत असते.

गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध परिणाम





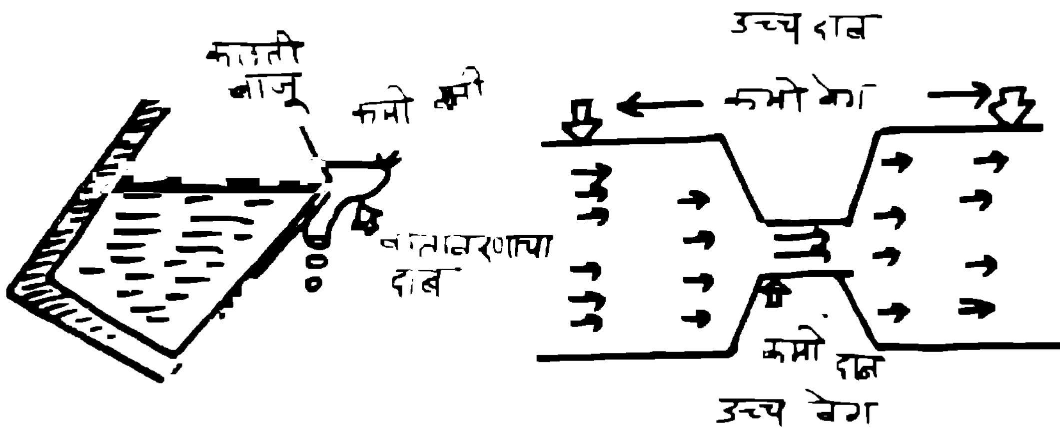
द्रवाच्या दर एकक पृष्ठभागात साठलेली उर्जा म्हणजेच द्रवाचा पृष्ठताण. हा पृष्ठताण

म्हणजेच केशिकत्वाच्या चमत्कारासाठी लागणारा ऊर्जेचा उगम. द्रवातील रेणू परस्परांना आकर्षित करीत असतात. द्रवामध्ये पण पृष्ठभागापासून बराच खाली असणारा एखादा रेणू विचारात घ्या. हा रेणू सभोवतालच्या इतर सजातीय रेणूमुळे सर्व दिशांना सम प्रमाणात ओढला जातो. त्यामुळे ह्या रेणूवर कोणत्याही दिशेने परिणामी बल कार्य करीत नाही. आता द्रवाच्या पृष्ठभागावर स्थित असलेल्या रेणूचा विचार करा. ह्या रेणूच्या वरील बाजूस इतर सजातीय रेणू नसतात. ह्या रेणूवर द्रवातील इतर सजातीय रेणूंमुळे खालच्या दिशेने एक परिणामी बल कार्य करते. ह्या बलाला तोलणारे वरच्या दिशेने बल नसते. द्रवाच्या पृष्ठभागातील सर्व रेणूंवर खालच्या दिशेने कार्य करणाऱ्या एकूण बलास पृष्ठताण म्हणतात. द्रवाच्या पृष्ठभागातून एखादा रेणू बाहेर काढावयाचा असल्यास हा पृष्ठताण अडथळा आणतो व आपल्याला ऊर्जा खर्च करावी लागते.ह्या पृष्ठताणामुळे द्रवाचा पृष्ठभाग ताणलेल्या प्रत्यास्थी पटला प्रमाणे काम करतो आणि त्या पृष्ठभागाचा कल जास्तीत जास्त आकुंचित होण्याकडे असतो. याच कारणामुळे गुरुत्वाकर्षणाचे बल कमी असताना द्रव गोलाकार प्राप्त करतो. (दिलेल्या आकारमानासाठी गोलाच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ कमीत कमी असते) म्हणूनच थोड्या प्रमाणातील पाण्याचे थेंब तयार होतात. काचेच्या सान्निध्यात असलेला पाण्याचा पृष्ठभाग वरील बाजूस वक्राकार असतो. पाण्याचा पृष्ठभाग काचेच्या पृष्ठभागाशी विशिष्ट कोन करून राहतो. पारा काचेला चिकटत नाही. पारा काचेच्या सान्निध्यात असताना पाऱ्याचा पृष्ठभाग खालच्या बाजूने वक्र असतो. केश नलिकेचे छिद्र खूपच बारीक असते. अशी काचेची केश नलिका पाण्यात बुडविल्यास पाण्याच्या पृष्ठताणामुळे पाणी नलिकेत ढकलले जाते. नलिकेतील पाण्याच्या स्तंभाचे वजन व त्यावर कार्य करणारे पृष्ठताणाचे बल परस्परास तोलून धरतात.

द्रव ओता

भांड्यातून द्रव ओततांना द्रव काठावरून एकदम खाली पडत नाही. तो द्रव भांड्याच्या खालच्या बाजूस थोडासा ओघळत जातो व मग खाली पडतो. वातावरणाचा दाब व बर्नाऊलीचे तत्व हे दोन्हीही वरील चमत्कारासाठी कारणीभूत आहेत यावर तुमचा कदाचित् विश्वास बसणार नाही. बर्नाऊलीचे तत्व हे द्रायूच्या प्रवाहाबाबतचे एक सामान्य तत्व आहे. या तत्वाचा व्यवहारात बराच उपयोग होतो. हे तत्व असे सांगते की एखादा असंपीड्य द्रायू अधिक वेगाने पुढे जात असल्यास त्याचा दाब कमी असतो व कमी वेगाने पुढे जात असतांना त्याचा दाब जास्त असतो. हे तत्व ऊर्जा अक्षय्यतेच्या नियमाचा परिणाम आहे (ऊर्जा निर्माण करता येत नाही व नष्ट पण करता येत नाही) चित्रपट संपल्यानंतर प्रेक्षक चित्रपटगृहाच्या समोरील व्हरांड्यातून बाहेर जाण्यासाठी खूप गर्दी करतात. ह्या गर्दीत तुम्ही सापडल्यास

तुम्हाला असे आढळते की गर्दीतला प्रत्येक जण तुम्हाला दाबतो आहे आणि त्यामुळे तुम्ही बाहेर जाण्याच्या दरवाजाकडे हळूहळू सरकता. बाहेर जाण्याच्या दरवाजाजवळ येताच तुमचा वेग वाढतो व तुमच्या वरील दाब कमी होतो. गर्दीत तुमच्या सान्निध्यातील लोकाच्या हालचालीमुळे तुमच्यावर दाब निर्माण होतो. जेव्हा प्रत्येकजण पुढे सरकतो तेव्हा तुमच्यावरील दाब कमी होतो. द्रवाच्या रेणूंची वागणूक देखील वरीलप्रमाणेच असते. द्रव कमी गतीने पुढे जात असतांना द्रवाचे रेणू धक्काबुक्की करतात. परस्परांवर व भांड्याच्या भिंतीवर आदळतात आणि त्यामुळे दाब निर्माण होतो. द्रवाचे रेणू नळीच्या कमी काटछेदाच्या भागात येतात तेव्हा त्यांची गती वाढते. ह्याचे कारण म्हणजे द्रवाच्या असंपीड्यतेचा गुणधर्म. या गुणधर्माप्रमाणे नळीतून द्रव जात असताना तिच्या प्रत्येक काटछेदातून दिलेल्या कालावधीत सारखाच द्रव पुढे जाणे आवश्यक असते. परिणामी दाब कमी होतो.



कमी जाडीच्या भिंती असलेले भांडे घ्या. ह्या भांड्यातील द्रव ओततांना असे आढळते की धारेचा भांड्याच्या कडेलगतचा खालचा थर वरच्या थरापेक्षा फटकन वळतो. परिणामी बर्नाऊलीच्या तत्वानुसार धारेचा खालचा व वरचा पृष्ठभाग यांच्यावर दाब भिन्नता येते आणि वातावरण धारेला भांड्याकडे दाबते.

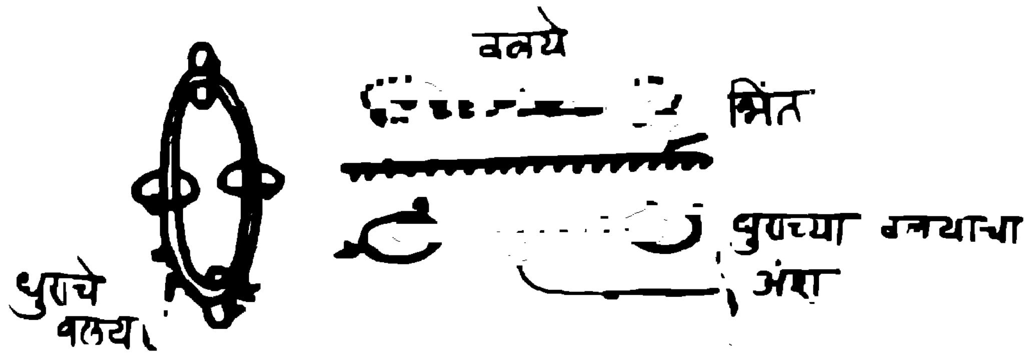
भांडे बरेच कलते करून द्रव पटकन् ओतण्याचा प्रयत्न केल्यास धारेला सर्वांगी एकच वेग येतो. त्यामुळे धारेच्या जाडीच्या दोन बाजूंवर दाब भिन्नता येत नाही आणि द्रव भांड्याच्या बाजूवर ओघळत नाही.

भांड्याच्या कलत्या बाजूंवर द्रवाचे ओघळणे टाळण्यासाठी पेयाच्या बाटल्यांना तोंडाजवळ जाडी वाढवून एक विशेष आकार दिलेला असतो. यामुळे द्रवाच्या धारेला सर्वत्र सारखीच वक्रता येते व धारेच्या जाडीच्या दोन्ही बाजूस दाब भिन्नता येत नाही. चहा अथवा दूध ओतण्याच्या किटलीला तोंडावर चोच असते. द्रव या चोचीतून किटलीच्या कलत्या पृष्ठभागावर न ओघळता सरळ कपात ओतता येतो. भांड्याच्या चोचीचे असे महत्व आहे.

निमुळती धार

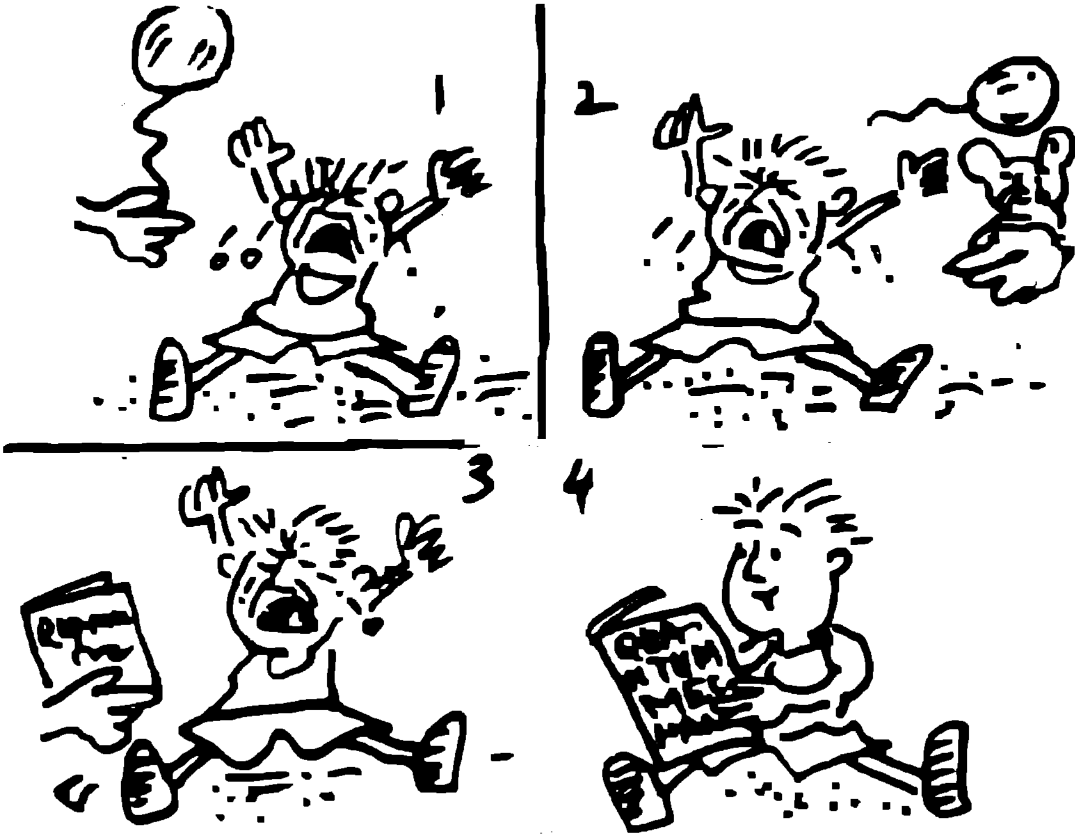
नळाच्या तोटीतून पडणारी पाण्याची धार जसजशी खाली जाते तसतशी निमुळती होते. धारेचा काटछेद कमी करण्यासाठी कोणतेही बल येथे कार्यरत नसते. वस्तुमानाच्या अक्षय्यतेचा नियम येथे कारणीभूत आहे. पाण्याच्या संपीड्यतेच्या गुणधर्मामुळे धारेच्या प्रत्येक क्षितिज समांतर काटछेदातून प्रत्येक सेकंदात सारख्याच वस्तुमानाचे (अथवा सारख्याच आकारमानाचे) पाणी खाली पडणे आवश्यक असते. खाली पडणाऱ्या पाण्याचा वेग प्रत्येक क्षणाला वाढतो. म्हणजेच खालच्या बाजूस धारेचा काटछेद कमी कमी झाला नाही तर धारेच्या प्रत्येक काटछेदातून प्रति सेकंद जास्त पाणी जाईल आणि त्यामुळे वस्तुमान अक्षय्यतेच्या नियमाचे उल्लंघन होईल. गुरुत्वाकर्षाच्या बळामुळे धार खालच्या बाजूस निमुळती होत जाते हे आता तुमच्या ध्यानी आले असेलच.

[illegible]रे धुराचे वलय



भिंतीपासून दूर असणाऱ्या धुराच्या वलयांचा आकार का बदलत नाही हे प्रथम पाहू. उभ्या प्रतलातील गरम धुराची वलये त्यांच्या सभोवतालच्या हवेत प्रापण प्रवाह निर्माण करतात. हे प्रापण प्रवाह धुराच्या वलयामधून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे जातात. हे प्रापण प्रवाह वलयाभोवतालच्या जागेत सममितरित्या पुढे जातात त्यामुळे वलयावर सर्व बाजूंनी सारख्याच प्रमाणात ढकलओढ चालते. या ढकलओढीचा वलयावर एकूण काहीच परिणाम होत नाही आणि वलय विरुपित होत नाही. हे वलय भिंतीच्या जवळ आल्यास प्रापण प्रवाह भिंतीवर आदळतात. हवेच्या विष्यंदितेच्या गुणधर्मामुळे भिंतीलगतचा हवेचा थर स्थिर राहतो. भिंतीच्या सान्निध्यामुळे प्रापण प्रवाहांवर परिणाम होतो व ते प्रवाह वलयाच्या दृष्टीने

सममितरित्या पुढे जात नाही. भिंतीच्या सामीप्यामुळे वलयासभोवतालच्या जागेतील समदैशिकता (आयसोट्रोपी) नष्ट होते. वलयावर प्रापण प्रवाहामुळे सर्व दिशांना बले कार्य करतात. या बलापैकी जी बले भिंतीशी लंब असतात ती परस्परांना तोलून धरतात. पण जी बले भिंतीला समांतर असतात ती एकमेकांना प्रबलित करतात. त्यामुळे वलय विस्तारते. या सामान्य चमत्कारातील सममिती व गतिकी यांच्यामधील सूक्ष्म क्रिया व प्रतिक्रिया खरोखरच मनोरंजक आहेत.



5

तळव्यातून आरपार, विचित्रच !

आपण जेव्हा एखाद्या वस्तूकडे बघतो तेव्हा आपले दोन्ही डोळे आपोआप त्या वस्तूवर केंद्रित होतात. त्या वस्तूकडे बघतांना एखादा डोळा बंद असेल तरी वरीलप्रमाणेच होते. यावरून असे दिसते की जणू काही एका डोळ्याला दुसऱ्या डोळ्याबद्दल सहानुभूती असते. डोळ्याच्या या गुणधर्माला अनुकूलन असे म्हणतात. संबंधित प्रयोगात तुम्ही डावा डोळा दूरच्या वस्तूवर केंद्रित केला आहे. डाव्या डोळ्याबद्दल सहानुभूती म्हणून तुमचा उजवा डोळा बंद असूनसुद्धा त्या वस्तूवर केंद्रित होतो. तेव्हा तुम्ही तुमच्या उजव्या हाताचा तळवा उजव्या डोळ्यासमोर आणता आणि उजवा तळवा अस्पष्ट दिसू लागतो (कारण उजवा डोळा बंद असूनसुद्धा केवळ डाव्या डोळ्याबद्दल सहानुभूती म्हणून दूरच्या वस्तूवर केंद्रित झाला होता.) थोडक्यात सांगावयाचे म्हणजे नळीतून तुमच्या डाव्या डोळ्याला दूरची वस्तू स्पष्ट दिसते आणि उजव्या डोळ्याला उजव्या हाताचा तळवा स्पष्ट दिसत नाही. यावरून तुमचा असा समज होतो की तुम्ही दूरची वस्तू तुमच्या उजव्या हाताच्या तळव्याच्या छिद्रातून पाहत आहात. याचा पडताळा घेण्यासाठी संबंधित प्रयोग पुन्हा करा व यावेळेस मुद्दाम उजव्या तळव्यावर नजर रोखा. ज्याक्षणी तुम्ही असे कराल त्याक्षणी तुम्हाला उजवा तळवा स्पष्ट दिसेल आणि दूरची वस्तू व उजव्या तळव्याचे आभासी छिद्र दिसणार नाहीत.

खाली पडत नाही

पेल्यातील पाण्याचा कल हा नेहमीच पेल्याच्या तोंडाची कडा व टणक पुठ्ठा यांच्यामधील जागेतून बाहेर पडण्याकडे असतो. हे बघण्यासाठी धातूची एक चकती घ्या व ती पूर्णपणे पाण्याने भरलेल्या परंतु उपडा केलेल्या पेल्याच्या तोंडावर दाबून ठेवा. तुम्हाला असे आढळेल की पेल्याच्या तोंडाची कडा व चकती यांच्यामधील जागेतून पाणी फुगून बाहेर आले आहे व

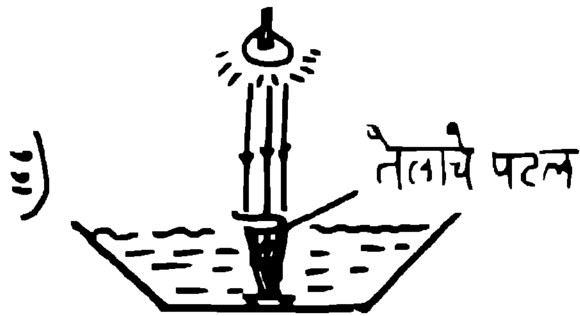
या पाण्याने पेल्याच्या तोंडाच्या कडेभोवती झालर निर्माण केली आहे. चकतीवरील दाब काढताच तुम्हाला असे आढळते की हे बाहेर आलेले पाणी पेल्यात गेले आहे व चकती थोडी खाली येते. या क्रियेमुळे उपड्या पेल्यातील पाण्याच्या वरील भागातील हवेचे प्रसरण होते व तिचा दाब कमी होतो, हा दाब इतपत कमी होतो की वातावरणाचा दाब पुठ्ठयावरील पाण्याचे वजन तोलून धरण्यास पुरेसा होतो व पुठ्ठा पेल्याच्या तोंडाला चिकटून राहतो. पुठ्ठ्याने तोंड झाकून पाण्याने भरलेला पेला उपडा केल्यास आतील पाण्याच्या वरील जागेतील हवेचा दाब हा वातावरणाच्या दाबापेक्षा कमी असतो हे पडताळून पाहण्यासाठी तुम्ही खालील प्रयोग करून पाहू शकता. त्यासाठी पेल्याच्या तळाला एक छिद्र पाडा. त्या छिद्रात एक काचेची नळी बसवा. ती अशी की तिचे एक टोक उपडा केलेल्या पेल्यातील पाण्याच्या वरील मोकळ्या जागेत राहील. नळीचे दुसरे टोक बोटाने बंद ठेवा व संबंधित प्रयोग पुन्हा करा. तुम्हाला असे आढळेल की नळीच्या दुसऱ्या टोकावरील बोट काढताच पेल्याच्या तोंडावर चिकटून राहणारा पुठ्ठा खाली पडतो.

मिऱ्याचे पळपुटे कण

रगतिशास्त्रातील संवेग अक्षय्यत

या कोड्याचे उत्तर पाण्याच्या पृष्ठताणाशी निगडित आहे. तुम्हाला माहीत असेलच की पाण्याचा पृष्ठभाग हा ताणलेल्या पटलासारखा काम करतो. याच गुणधर्मामुळे पाण्याच्या पृष्ठभागावर चालणारे किडे न बुडता पृष्ठभागावर चालू शकतात. साबणामुळे पाण्याचा पृष्ठताण कमी होतो. साबणावर तुम्ही हाताचे बोट घासल्यास तुमच्या बोटाला थोडे साबण चिकटते. असे बोट पाण्यात बुडविल्यास ज्या ठिकाणी बोट बुडविता त्या ठिकाणचा पाण्याचा पृष्ठताण कमी होतो पण इतरत्र पृष्ठताण बदलत नाही. याचा एकूण परिणाम असा होतो की ज्या ठिकाणी साबण लावलेले बोट लावता त्या ठिकाणी पाण्याचा ताणलेला पृष्ठभाग फाटतो व त्याला छिद्र पडते. अशा तऱ्हेने फाटलेल्या पाण्याच्या पृष्ठभागाचे आकुंचन होते. त्यामुळे स्पर्शित जागेपासून मिऱ्याचे कण दूर जातात.

रूपेरी छाया



वाटीतील पाण्यात ज्या ठिकाणी आपण बोट बुडवितो (अथवा किड्याचा पाय ज्या ठिकाणी पाण्यात बुडतो) त्या ठिकाणच्या पाण्याच्या पृष्ठभागाला वक्रता प्राप्त होते. या वक्रपृष्ठ

भागापासून प्रकाशाचे अपवर्तन होते. त्यामुळे बोटीच्या छायेचे विभाजन होते व छायेला रूपेरी कडा प्राप्त होते. साधारणतः आपली बोटे (अथवा किडयांचे पाय) तेलकट असतात. तेल पाण्यात मिसळत नसल्यामुळे आपले बोट (अथवा किडयाचा पाय) पाण्याच्या पृष्ठभागावर खळगा निर्माण करते. पृष्ठताणामुळे खळग्याचा पृष्ठभाग ताणलेल्या पटलासारखा काम करतो. अशा तऱ्हेने तयार झालेला पाण्याचा वक्रपृष्ठभाग भिंगासारखे काम करतो व आपाती प्रकाश छायेच्या कडेवर केंद्रित करतो.

तुमचे वजन करा

वजन करण्याच्या यंत्रावर उभे राहून पुढच्या बाजूने वाकल्यास तुमच्या शरीराचे जे स्नायू पुढच्या बाजूने वाकण्यास मदत करतात तेच स्नायू तुमच्या शरीराचा खालचा भाग वरच्या बाजूने ओढतात. यामुळे तुमचे शरीर वजन करण्याच्या यंत्रावर कमी दाब देते. यंत्रावर उभे राहून एखादा हात वर केल्यास जे स्नायू ही क्रिया करण्यास मदत करतात तेच स्नायू तुमच्या खांद्याला वरून खाली दाबतात. त्यामुळे वजन करण्याच्या यंत्रावरील दाब वाढतो. अर्थात उपरोक्त दोन्ही क्रियांमध्ये तुमचे वस्तुमान मुळीच बदलत नाही. न्यूटनचा गतिविषयक तिसरा नियम येथे आपला प्रताप दाखवीत असतो. वरच्या बाजूने केलेल्या हाताच्या झटपट हालचालीला खालच्या विरुद्ध हालचालीने तोलून धरणे आवश्यक असते.

गुरुत्वाकर्षणाची ऐशी तैशी



बादलीत पाणी घेऊन तिला पुरेशा वेगाने सरळ उभ्या प्रतलात फिरवले असतांना तिचा तळ वरती व तोंड खाली असताना सुद्धा तिच्यातील पाणी खाली पडत नाही. बादलीच्या या अवस्थेत तिच्यातील पाण्याला घूर्णनगती असते व या पाण्यावर अपकेंद्री बल कार्य करते. या बलामुळे बादलीतील पाण्याचा कल वर्तुळाकार मार्गाच्या केंद्रापासून दूर जाण्याकडे असतो

म्हणून बादलीचे तळ वरती व तोंड खाली असूनसुद्धा पाणी खाली पडत नाही असा लोकांचा समज असतो. पण हा समज चुकीचा आहे. गुरूत्वाकर्षण नसल्यास घूर्णनगतीत असलेल्या बादलीतील पाण्याचा कल हा जडत्वाच्या गुणधर्मामुळें वर्तुळाकार मार्गाने स्पर्शरेषेत जाण्याकडे असतो. (आकृतीत AK ही रेषा क्षितिज समांतर आहे. घूर्णन गतीतील पाण्याचा कल AK ला समांतर दिशेने जाण्याकडे असतो) अर्थातच बादलीत अडथळा निर्माण न केल्यास पाण्याचा मार्ग AP या अन्वस्तीय मार्गाला समांतर दिशेने विचलित होईल. म्हणजेच पाणी सरळ उभ्या प्रतलात मुळीच पडत नाही. भौतिक शास्त्रज्ञ ज्या अपकेंद्री बलाबद्दल बोलतात ते बादलीतील पाण्यावर कार्य करीत नसून ते बादलीला बांधलेल्या दोरावर कार्य करते. तुमच्या हातातील दोर बादलीला स्पर्शरेषीय मार्गाने जाण्यास प्रतिबंध करतो आणि त्या दोरात निर्माण झालेला ताण तुमच्या हाताने तोलला जातो. म्हणून तुमच्या हाताला हे बल जाणवते. म्हणजे हे बल गतिमान वस्तूंवर कार्य करीत नसते. जे कोणी (येथे दोर) त्या वस्तूच्या सरळ रेषीय मार्गात अडथळा आणतात त्यांच्यावर ते बल कार्य करते.

दगडाचे पाण्यात वजन करा

तराजू समतोल राहील. दगडाचे हवेत वजन जास्त राहील. पाण्यात त्याचे वजन कमी भरेल. पाण्यात दगड असताना पाण्यामुळे त्याच्यावर उर्ध्वगामी बल कार्य करते आणि म्हणून पाण्यात दगडाचे वजन कमी भरते. दगड पाण्यात असताना तो आपल्या स्वतःच्या आकारमानाएवढे पाणी विस्थापित करतो. त्यामुळे पेल्यातील पाण्याची पातळी उंचावते. दगडाचे पाण्यात जेवढे वजन कमी होते तेवढ्या महत्तेचा दाब पाणी पेल्याच्या तळावर प्रयुक्त करते (आर्कीमिडीजचे तत्व)

कोड्यात टाकणारा रबरी तुकडा

रबरी तुकडा पटकन ताणणे ही एक समोष्ण प्रक्रिया आहे. या प्रक्रियेत सभोवतालच्या परिसराशी उष्णतेची देवाणघेवाण होत नाही. रबरी तुकडी ताणण्यात आपण जे काही कार्य करतो ते पूर्णपणे तुकड्यातील आंतरिक ऊर्जा वाढविण्यासाठी खर्ची पडते. यामुळे रबरी तुकड्याचे तापमान वाढते. उलटपक्षी जेव्हा एखाद्या वायूचे पटकन् प्रसरण होते तेव्हा वायूला स्वतःचा अंतर्गत रेणूमधील आकर्षणाच्या बलाविरुद्ध कार्य करावे लागते. यावेळेस वायूतील आंतरिक ऊर्जेच्या साठ्यातील काही ऊर्जा वापरली जाते. परिणामी वायूचे तापमान घटते.

तुमच्या केसांचा भांग पाडा



भांग पाडण्यासाठी केसातून कंगवा फिरविल्यास किंवा फ्लॅनेलवर घासल्यास कंगवा थोडासा विद्युत्प्रभारित होतो. नळातून थेंब थेंब पडणाऱ्या धारेजवळ हा प्रभारित कंगवा नेल्यास पाण्याच्या रेणूंवर विजातीय प्रभार प्रवर्तित होतो. त्यामुळे कंगवा व पाणी परस्परांवर विद्युत् बल प्रयुक्त करतात. कंगव्याला तुम्ही धरून ठेवल्यामुळे पाणी विचलित होते. पाणी प्रभारित झाल्यामुळे पाण्याचा पृष्ठताण बदलतो. त्यामुळे थेंब थेंब पडणाऱ्या पाण्याचे अखंड धारेत रूपांतर होते.

लोकरी कोट

तापमापीचे वाचन पूर्ववतच राहील कारण कोट तिला तापवत नाही किंवा तापमापी उष्मा निर्माण करीत नाही. कोटात गुंडाळून ठेवलेला बर्फाचा खडा वितळत नाही. ह्या दोन्ही प्रयोगावरून असे सिद्ध होते की कोट उष्णतेचा दुर्वाहक आहे. तो आतील उष्मा बाहेर जाऊ देत नाही. व बाहेरचा उष्मा आत पण येऊ देत नाही त्यामुळे कोट गरम ठेवण्यास मदत करतो. आपले शरीर उष्णता निर्माण करते. आपण कोट घातल्यास आतील उष्णता सभोवतालच्या हवेत कोटामुळे जाऊ शकत नाही.

कागदी किटली

याचे कारण म्हणजे वेष्टण नसलेल्या भांड्यात तुम्ही फक्त पाणी त्याच्या उत्कलन बिंदूपर्यंत म्हणजे 100 सी. पर्यंत तापवू शकता. उष्णता शोषून घेण्याची पाण्याची क्षमता खूप जास्त

असते. कागदाला जाळण्यासाठी जेवढी उष्णता लागते तेवढी उष्णता पाणी शोषून घेते. त्यामुळे कागदाचे तापमान त्याच्या ज्वलनांका एवढे वाढत नाही आणि म्हणून कागद जळत नाही.

उडया मारणाऱ्या सोंगट्या

गतिमान चेंडूने दुसऱ्या अभिन्न पण स्थिर चेंडूवर प्रहार केल्यास पहिला चेंडू स्थिर होतो व दुसरा चेंडू गतिमान होतो व त्याला पहिल्या एवढा वेग प्राप्त होतो हे आपणास माहीत आहे. हे आघाताचे उदाहरण आहे. ह्या उदाहरणात दोन्ही वस्तू प्रत्यास्थी (इलॅस्टीक) आहेत. आघात क्षणभरच होता. ह्या थोड्या कालावधीतच सर्व प्रक्रिया घडते. प्रथम दोन्ही वस्तू स्पर्शित बिंदूच्या ठिकाणी परस्परांचे संपीडन करतात. ह्या संपीडनामुळे त्या वस्तूंमध्ये अंतर्गत पुनःस्थापी बले निर्माण होतात. ज्यावेळेस संपीडन महत्तम होते त्यावेळेस ही अंतर्गत बले वस्तूंना उलट दिशेने लोटतात आणि वस्तूंना पूर्ववत् आकार प्राप्त होतो. ह्या पुनःस्थापी बलांमुळे गतिमान चेंडू थांबतो आणि त्याचा वेग दुसऱ्या अभिन्न चेंडूला दिला जातो. हा प्रयोग म्हणजे स्थितीगतिशास्त्रातील दोन मूलभूत नियमांचे उदाहरण आहे. एक नियम ऊर्जा अक्षय्यतेचा (ह्या नियमाप्रमाणे ऊर्जा निर्माण करता येत नाही व ती नष्टपण करता येत नाही.)

दुसरा नियम संवेग (वस्तुमान वेग) अक्षय्यतेचा. कॅरमच्या सोंगट्या किंवा नाण्यांचे वरील प्रमाणेच घडते. पहिल्या गोटीवरील आघात हा सान्निध्यातील इतर गोट्यांद्वारे शेवटच्या गोटीला स्थानांतरित होतो. (शेवटची गोटी हा आघात पुढे गोटी नसल्यामुळे स्थानांतरित करू शकत नाही.) त्यामुळे शेवटच्या गोटीला गती प्राप्त होते.

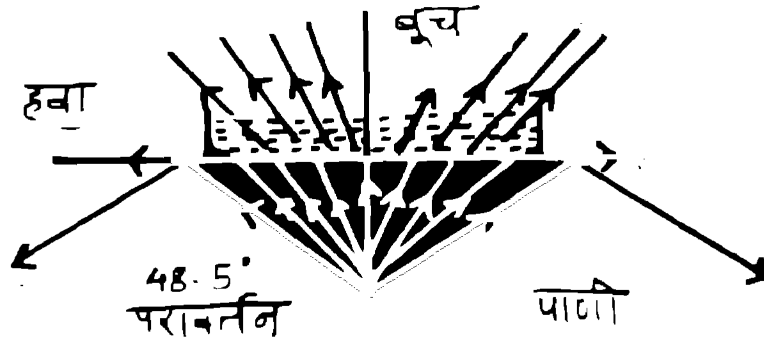
कोण अधिक जड ?

दोन्ही पेल्यांचे वजन सारखेच भरेल. तरंगणारा लाकडी तुकडा स्वतःच्या वजनाएवढे पाणी विस्थापित करतो. ज्या पेल्यात लाकडी तुकडा आहे त्यात दुसऱ्या पेल्यापेक्षा पाणी कमी असते. त्यामुळे लाकडी असणाऱ्या पेल्याचे वजन कमी भरेल असे वाटते. पण तसे होत नाही. ह्याचे कारण म्हणजे लाकडी तुकडा कमी पडणाऱ्या वजनाची भरपाई करतो. आर्कीमिडीजचे तत्वच पुन्हा येथे वापरले आहे.

ओला कागद फाडणे

कागद हा सेल्युलोजच्या तंतुपासून बनलेला असतो. कागद फाडताना या तंतुमधील आसंजनशील बलाशी मुकाबला करावा लागतो. (उदाहरणार्थ मीठ) पाण्यात विरघळण्याचे कारण म्हणजे धन व ऋण विद्युत प्रभारित आयनमधील विद्युतस्थितिक बल कमी होते. आसंजनशील बल हे पण विद्युतस्थितिक बल असते. पाण्याच्या सान्निध्यात हे तंतुमधील आसंजनशील बल कमी होते. कागदासाठी हा परिणाम जाणवण्याचे कारण म्हणजे पाण्यामुळे कागद ओला होतो व पाण्याचे रेणू कागदातील सेल्युलोजच्या तंतुमध्ये जाऊन बसतात आणि परिणामी आसंजनशील बल खूपच कमी होते.

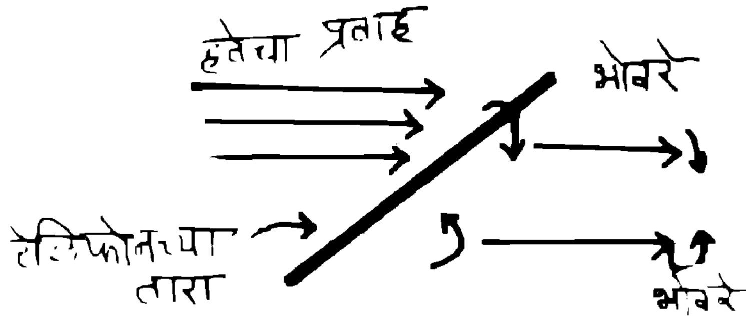
अदृश्य टाचणी



प्रकाशाच्या 'अंतर्गत संपूर्ण परावर्तनाच्या' चमत्कारामुळे टाचणी दिसत नाही. टाचणीचे P टोक पाण्यात आहे. ह्या टोकापासून प्रकाशकिरण निघतात. P पासून निघणाऱ्या ज्या किरणांसाठी पाणी हवा विलग करणाऱ्या पृष्ठभागावर आपाती कोन नेहमी पेक्षा 4.85 अंशानी जास्त असतो, त्या किरणांचे हवेत अपवर्तन होत नाही तर त्यांचे पाण्यातच अंतर्गत संपूर्ण परावर्तन होते. ह्या किरणांसाठी पाण्याचा पृष्ठभाग सपाट आरशासारखा काम करतो. बुचाच्या चकतीने टाचणीच्या P ह्या टोकाशी समाविष्ट केलेला कोन हा 2x48.5 म्हणजेच 97 पेक्षा जास्त असल्यास P पासून येणारा कोणताही प्रकाश किरण अपवर्तित होऊन आपल्या डोळ्यापर्यंत पोहचू शकत नाही. त्यामुळे आपल्याला टाचणी दिसत नाही आणि म्हणून ती अदृश्य झाल्यासारखी वाटते.

6

गुणगुणाऱ्या तारा



हवेमुळे टेलीफोनच्या तारांमध्ये कंपने निर्माण होतात व त्यामुळे गुणगुण असा आवाज निर्माण होतो अशी तुमची कल्पना असेल. ह्यामुळे आवाज निश्चितच निर्माण होतो पण संबंधित कोड्याचे हे मुख्य उत्तर नाही. बऱ्यापैकी वेग असलेला वारा जेव्हा टेलीफोनच्या तारांवर आदळतो तेव्हा हवेचा प्रवाह क्षुब्ध होतो. वाऱ्याचा वेग क्रांतिक वेगापेक्षा जास्त झाल्यास तारेच्या मागे दोन सममित स्थिर वलये निर्माण होतात. वाऱ्याचा वेग अजून जास्त म्हणजे उंबरठा वेगापेक्षा अधिक झाल्यास ही वलये अस्थिर होतात. नंतर काही कारणामुळे एखाद्या वलयमध्ये विक्षोभ निर्माण झाल्यास त्यांची आंदोलने होतात व शेवटी ते वलय फुटते. त्या वलयांच्या ठिकाणी दुसरी वलये तयार होतात. तांत्रिकदृष्ट्या ह्याला 'द्रायुगतिक पश्चप्रदाय' तंत्र असे म्हणतात. परिणामी तारेपासून वलयांची प्रत्यावर्ती श्रृंखला दूर जात राहते. ह्या वलयांबरोबर सभोवतालच्या हवेत दाब कंपने द्रुत गतीने निर्माण होतात. ह्यामुळे एक प्रकारची वैशिष्ट्यपूर्ण गुणगुण निर्माण होते. लॉर्ड रॅले या शास्त्रज्ञाने या चमत्काराचा सर्वप्रथम पद्धतशीरपणे अभ्यास केला.

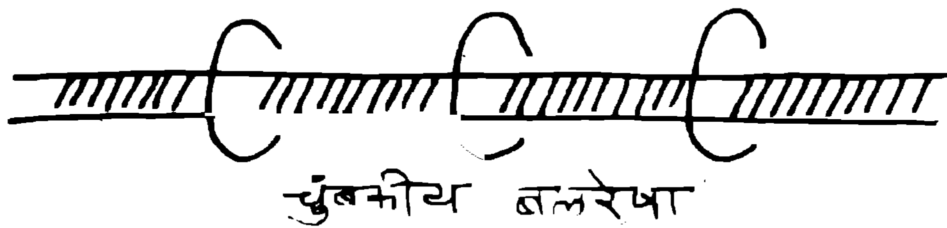
‘बेन हर’ मधील रथाची शर्यत

फिल्म प्रक्षेपणात 24 चौकटी प्रति सेकंद प्रक्षेपित केल्या जातात. चाके गतिमान झाली की एक अवस्था अशी येते की चाके स्थिर दिसू लागतात. ह्या अवस्थेला ‘स्थिर भास अवस्था’ असे म्हणतात. चाकांना विशिष्ट वेग प्राप्त झाला की क्रमश: प्रक्षेपित होणाऱ्या चित्र चौकटीत चाकांच्या स्पोकसचा आविन्यास पोहोचू शकत नाही. अशा वेळेस चाकांचा वेग वाढत असला तरी चाक उलटे फिरतांना दिसते. स्थिरभास अवस्थेत येतांना चाके स्थिर दिसू लागतात आणि मग वेग वाढल्यास पुढे जातांना दिसतात.

अदृश्य मनुष्य

ज्या वेळेस बाह्य वस्तूंच्या प्रतिमा अदृश्य मनुष्याच्या डोळ्यांच्या दृक्पटलावर तयार होतील, फक्त त्याचवेळेस अदृश्य मनुष्याला दिसू शकेल. त्यासाठी त्याच्या डोळ्याच्या बाह्य पृष्ठभागापासून प्रकाशाचे अपवर्तन होणे आवश्यक असते. पण ते होत नाही. या शिवाय प्रतिमांचा अर्थ लावण्यासाठी मेंदूला चेतना मिळावयास पाहिजे व ही चेतना प्राप्त करण्यासाठी त्याच्या दृक्पटलांनी काही प्रकाश ऊर्जा शोषणे आवश्यक असते. पण त्यावेळेस त्या अदृश्य मनुष्याचे डोळे इतरांना दिसतील. तो अदृश्य मनुष्य आंधळासुद्धा असावयास पाहिजे. एच.जी. वेल्स यांचा कल्पित अदृश्य मनुष्य बघू शकत होता. हे शास्त्रीयदृष्ट्या चूक आहे. कपोल कल्पित गोष्टी ह्या अखेर कपोल कल्पितच असतात.

आकाशातील वीज चुंबकत्व देऊ शकेल का ?



आकाशातील वीज म्हणजे विद्युत् विप्रभारण होय. त्यामुळे तयार होणाऱ्या विद्युतधारा लोखंडी तलवारीतून जाताना तलवारीभोवती चुंबकीय बलरेषा निर्माण करतात. जेव्हा चुंबकीय

बलरेषा लांबीला समांतर असतील तेव्हाच तलवारीला चुंबकत्व प्राप्त होईल. आकाशातील विजेमुळे निर्माण होणारी विद्युतधारा तलवारीला चुंबक करू शकत नाही. कारण त्या धारेमुळे निर्माण होणाऱ्या चुंबकीय बलरेषा तलवारीच्या लांबीला समांतर नसतात. याशिवाय काही इतर कारणांमुळे थोडेसे जरी चुंबकत्व प्राप्त झालेले असेल तरीदेखील ते आकाशातील विजेमुळे निर्माण होणाऱ्या विद्युतधारेमुळे पूर्णपणे नष्ट व्हावयास हवे कारण या धारेमुळे खूप उष्णता निर्माण होईल.

ऑस्कर पुरस्कार मिळवणारी समस्या

रूमालाचे एक टोक पाण्यात बुडविल्यास थोड्याच वेळात त्याचा बराचसा मार्ग ओला होतो. केशिका क्रियेमुळे हे घडत असते. रूमालात किंवा कोणत्याही कापडी तुकड्यात सर्वत्र केशनलिका विखुरलेल्या असतात. ह्या नलिकांची छिद्रे अतिशय बारीक असतात. पृष्ठताणा मुळे पाणी या नलिकांमध्ये वर चढते (टीपः कागदाचे कार्य देखील याच गुणधर्मावर आधारित असते.) सरतशेवटी कापडाचा बराच भाग ओला होतो. चोळामोळा केलेला कपडा पाण्यात फेकून दिल्यास देखील वरील प्रमाणेच घडते. कपड्याची पाणी शोषण्याची क्रिया चालू होताच कपड्याचा जो भाग कोरडा व पाण्याच्या वर होता तो ओला होऊन जड होतो. गुरुत्वाकर्षणामुळे हा भाग खाली ओढला जातो. केशिकत्व व गुरुत्वाकर्षण यांच्या संयुक्त परिणामामुळे चोळामोळा केलेला कपडा सरतेशेवटी सरळ ताठ होतो. चोळामोळा केलेला रंगीत टिश्यू पेपर बादलीतील पाण्यात टाकल्यास वरीलप्रमाणे घडल्याचे स्पष्ट दिसते. टिश्यू पेपरने पाणी शोषणे चालू केल्यावर त्याचा रंग गडद होतो आणि ओला झालेला भाग पाण्याच्या पृष्ठभागावर पसरला जातो असे तुम्हाला दिसेल.

36 चौरंगी लेन

हिम तुषार खिडकीच्या तावदानाच्या आतील बाजूवर जमा होतात. त्यामुळे तावदानाचा बाह्य भाग पुसून काही उपयोग नाही. या वास्तवतेचे भान दिग्दर्शकाला संबंधित दृश्य अधिक नाट्यमयरित्या सादर करण्याच्या प्रयत्नात राहिलेले दिसत नाही. खोलीच्या आतील भाग उबदार असतो. तिच्यातील बाष्पाचे थंड तावदानावर संघनन होते. आणि हा ओलसरपणा पुसणे आवश्यक असते. बाहेरील वातावरण व काचेचे तावदान या दोन्हींचे तपमान सारखेच

असल्यामुळे तावदानाच्या बाह्य बाजूवर संघनन होणार नाही. मान्सूनच्या काळात कारच्या खिडक्यांच्या काचांवरील संघनन तुम्ही पाहिले असेलच. त्यामुळे त्या काचांवर धुके जमा झाल्यासारखे वाटते.



7

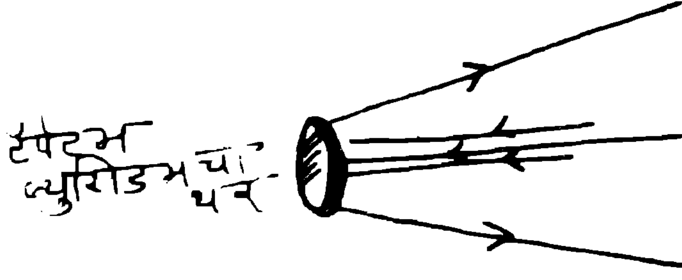
गुणगुणणारा ओढा

ओढ्याच्या प्रवाहात हवेचे बुडबुडे अडकले असतात. ह्या बुडबुड्याच्या आकारमानातील बदलामुळे स्पंदने निर्माण होतात. ह्या स्पंदनांमुळे गुणगुण असा आवाज निर्माण होतो. हवेचे हे स्पंदी बुडबुडे दोलनी संहतिसारखे कार्य करतात त्यामुळे ध्वनी लहरी निर्माण होतात. त्या लहरींची वारंवारता श्राव्य टप्प्यात असते. हा गुणगुण असा आवाज तुम्ही घरी निर्माण करू शकता. अंशतः पाण्याने भरलेले दोन पेले घ्या. एका पेल्यातील पाणी दुसऱ्या पेल्यात ओता. आणि गुणगुण असा आवाज ऐका. पाण्यात हवेचे बुडबुडे तयार झालेले बघा.

स्थलांतर करणारे पक्षी

पक्षी जेव्हा आपले पंख खालच्या बाजूने आपटतो तेव्हा तो वरच्या बाजूने जाणारा हवेचा झोत निर्माण करतो. हा झोत पंखाच्या काठाकडून वर जात असतो. मागून येणारा पक्षी पहिल्या पक्ष्याच्या मार्गात अडथळा निर्माण न करता पहिल्या पक्ष्यांच्या कोणत्या तरी पंखाच्या काठा जवळून जात असेल तर तो दुसरा पक्षी ह्या उर्ध्वगामी हवेच्या झोताचा फायदा घेऊ शकतो. स्थलांतर करणाऱ्या पक्षांना 'व्ही' चा आकार घेऊन उडणे जास्त फायदेशीर असते. अशा प्रकारे उडण्यात त्यांना कमीत कमी ऊर्जा खर्च करावी लागते. खूप लांब पल्ल्याचे उड्डाण करण्यासाठी स्थलांतर करणाऱ्या पक्षांना ह्या तत्वांचा उपयोग करणे आवश्यकच असते. पक्ष्यांना ही युक्ती कशी कळली ? 'नैसर्गिक निवडीसाठी झालेली उत्क्रांती' असे काहीसे उत्तर असावे असा आपण फक्त अंदाज बांधू शकतो. पक्ष्यांच्या ज्या जातींनी ही युक्ती आत्मसात केली नाही त्या जाती काळाच्या ओघात नष्ट झाल्या. आहात का आपण ह्या विधानाशी सहमत ?

वाघ ! वाघ ! धगधगती आग



वाघ व मांजर या प्राण्यांच्या डोळ्यात 'टॅपेटम् ल्युसिडम' नावाच्या द्रव्याचा एक थर असतो. मानवाच्या डोळ्यात असा थर नसतो. ह्या थरापासून आपाती प्रकाशाचे परावर्तन होते. मांजरीच्या डोळ्यात या द्रव्याचा वक्राकार थर असून तो बहिर्वक्र आरशाप्रमाणे कार्य करतो. हा थर अर्धपारदर्शक पण असतो. ह्या थरावर पडणाऱ्या काही आपाती प्रकाशाचे परावर्तन होऊन एक अपसारी किरण शलाका तयार होते. ह्यामुळे मांजरीचे डोळे चकचकीत दिसतात. ह्या शलाकेच्या तुम्ही बाहेर असाल तर तुम्हाला मांजरीचा डोळा दिसणारसुद्धा नाही. या कारणामुळे वाघांना रात्री चांदण्याच्या प्रकाशात आपले भक्ष्य शोधण्यासाठी मदत होते.

रहस्यमयी रातकिडा

आपले कान आवाजाच्या उगमाची दिशा दोन प्रकारे ठरवू शकतात.

(अ) दोन्ही कानांनी ऐकलेल्या आवाजाच्या तीव्रतेच्या फरकावरून किंवा

(ब) दोन्ही कानांवर पडणाऱ्या ध्वनी लहरींच्या प्रावस्था फरका वरून. त्रिमिति स्वनिक श्रवण (स्टिरीओ फोनिक हिअरींग) उपरोक्त दोन पद्धती लहरींचे स्वरमान उच्च असेल किंवा त्या लहरींची तरंग लांबी कमी असेल तरच त्याच्या कानांना त्या लहरींच्या तीव्रतेतील फरक जाणवतो. कारण कमी स्वरमान किंवा उच्च तरंग लांबी असलेल्या ध्वनी लहरींचे डोक्याभोवती विवर्तन होऊ शकते म्हणजेच त्या लहरी डोक्याभोवती वळू शकतात आणि त्यामुळे त्या दोन्ही कानांवर सारखीच तीव्रता निर्माण करतात. कमी स्वरमानाच्या ध्वनीसाठी आपल्या कानांना त्यांच्यावर पडणाऱ्या ध्वनी लहरीच्या प्रावस्था फरकातील नोंद घेण्याच्या क्षमतेवर अवलंबून रहावे लागते. रातकिड्याने निर्माण केलेल्या आवाजाचे स्वरमान अदमास 4000 हर्टझ्स् असते. या स्वरमानाच्या ध्वनी लहरी कानावर पडल्यास त्या कोणत्या दिशेने येत आहेत हे कानांना

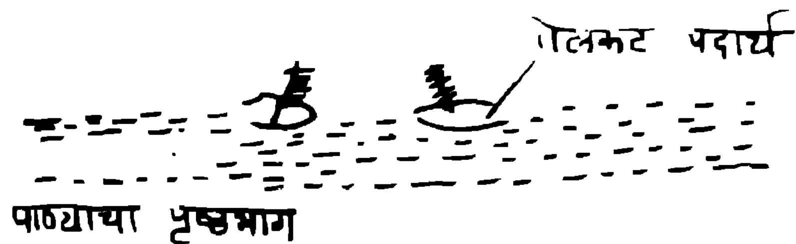
ठरवणे कठीण जाते. कारण या ध्वनी लहरींसाठी आपल्या कानांना त्यांच्यावर पडणाऱ्या ध्वनी लहरींच्या तीव्रतेतील फरकाची अथवा प्रावस्था फरकाची नोंद करणे कठीण जाते.

अज्ञान-एक वरदान



उच्च विभवाच्या विद्युत वाहक तारेवर पक्षी बसला असताना त्याच्या दोन पायांमधील विभवांतर अतिशय कमी असते. त्याच बरोबर त्याच्या शरीराचा रोध खूप जास्त असतो त्यामुळे त्याच्या शरीरातून विद्युतधारा जवळजवळ जातच नाही. तथापि एखाद्या दुर्दैवी पक्षाने उच्चविभवाच्या तारेवर बसून खांबाला स्पर्श केला तर उच्च विभव तार व पृथ्वी यांच्यातील विद्युतमंडळ लघुपथित होते. त्यामुळे त्याच्या शरीरातून जास्त तीव्रतेची विद्युतधारा जाईल आणि तो विजेच्या धक्क्याने मरेल.

पाण्यावर चालणारा किडा



पाण्याचा पृष्ठभाग हा ताणलेल्या पातळ पटलासारखा किंवा कातड्यासारखा काम

करतो. ज्या वस्तू फारशा जड नाहीत, पाण्याने ओल्या होत नाहीत किंवा पाण्याच्या पृष्ठभागाला टोचत नाहीत अशा वस्तू पाण्याच्या पृष्ठभागावर न बुडता राहू शकतात. पाण्यावर वावरणाऱ्या किड्यांच्या पायांवर एका तेलकट पदार्थाचे आवरण असते. त्यांचे पाय त्यामुळे ओले होत नाहीत. पृष्ठताणामुळे पाण्याचा पृष्ठभाग पटलासारखा काम करतो. ह्या पटलावर किड्यांच्या पायांमुळे खळगे निर्माण होतात. पटलाचा कल सरळ ताठ होण्याकडे असतो. या पटलाचा किडयांना आधार मिळतो.

बदकासारख्या पाणपक्ष्याच्या पिसांवर देखील असेच तेलकट पदार्थाचे आवरण असते. हा तेलकट पदार्थ त्यांच्या मांसग्रंथीतून सतत स्त्रवत असतो. या कारणामुळे पाणी त्यांची पिसे ओली करू शकत नाही.

भरदिवसा अंधार

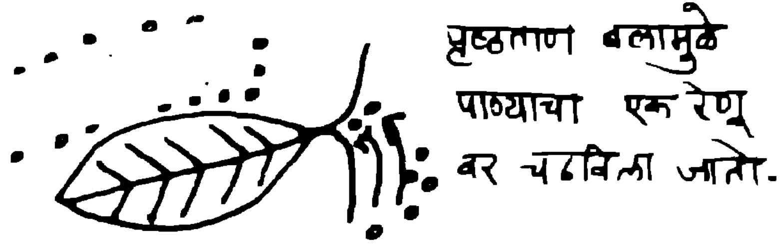
पाण्याचे प्रकाशीय गुणधर्म हे हवेच्या प्रकाशीय गुणधर्मापेक्षा बरेच भिन्न असतात. वाळूचे प्रकाशीय गुणधर्म मात्र पाण्याच्या प्रकाशीय गुणधर्माशी मिळते जुळते असतात. वाळूचे कण प्रकाशाचे विकिरण करतात. पण सरासरी विकिरण कोन जास्त असल्यामुळे थोड्या ठिकाणी विकिरण होऊन प्रकाश बराच लवकर निर्गत होतो. आंतरकणीय जागा पाण्याने (ते शुद्ध असले तरी) भरलेली असल्यास सरासरी विकिरण कोन कमी असतो असतो त्यामुळे बऱ्याच ठिकाणी विकिरण होते. त्यामुळे प्रकाश निर्गत होईपर्यंत त्याला वाळूतून बरेच अंतर आक्रमावे लागते. प्रकाशाला जास्त अंतर आक्रमावे लागल्यामुळे आणि प्रत्येक विकिरण केंद्रावर (वाळूचे कण) प्रकाशाचे शोषण झाल्यामुळे वाळू काळी दिसते. पाणी दृश्य प्रकाशासाठी पारदर्शक असते. त्यात प्रकाशाचे शोषण होत नाही. वाळूचे काळे दिसणे हे पाण्याच्या प्रकाश शोषण्याच्या गुणधर्माशी फारसे निगडित नाही. खात्री पटण्यासाठी धुवून स्वच्छ केलेली वाळू व उर्ध्वपातित पाणी वापरा. वाळू यावेळी सुद्धा काळीच दिसेत.

तरंगांचा आकार

तरंगाचा आकार काहीसा विवृत्तीय किंवा लांबट असावा आणि प्रवाहाच्या दिशेने तरंग रूंद असावेत असे तुमचे मत असेल. पण हे बरोबर नाही. वाहत्या पाण्यात तरंगाचा आकार वर्तुळाकारच राहील. त्याचे कारण असे. धारेमुळे संपूर्ण पाणी प्रवाहाच्या दिशेने स्थानांतरित

होईल. त्यामुळे वर्तुळाकार तरंगांचे विरुपण न होता प्रवाहाच्या दिशेने फक्त स्थानांतरण होईल.

जीवनरस बुंध्यातून शेंडयात



जीवनरस पानांमध्ये पोहोचविला जातो. पानांमध्ये ह्या जीवनरसावर प्रकाश संश्लेषणाची प्रक्रिया होते. ह्या प्रक्रियेत तयार झालेल्या इतर घटक द्रव्यांसमवेत जीवनरस खालच्या दिशेने प्रवाहित होतो. झाडाच्या मुळातील पाणीही प्रकाष्ठातील मृत उतींमधील नलिकांद्वारे वर चढविले जाते. प्रकाश संश्लेषणाच्या प्रक्रियेत निर्माण झालेले घटक हे परिकाष्ठातील जिवंत ऊतींद्वारे पानांपासून खाली उतरतात. प्रयोगाद्वारे असे सिद्ध झाले आहे की जीवनरस वर उचलण्यासाठी लागणारी 'मोटार' ही झाडाच्या पर्ण संभारात आहे. ह्या मोटारीला कार्यान्वित करण्यासाठी लागणारी ऊर्जा सूर्य प्रकाशाद्वारे पुरविली जाते. प्रकाश संश्लेषणाची प्रक्रिया चालू असताना पाने फार मोठ्या प्रमाणात बाष्प हवेत सोडत असतात. ह्या प्रक्रियेला 'उच्छ्वसन' असे म्हणतात. पानांच्या पृष्ठभागाखालील रंध्रावाटे उच्छ्वसन क्रियेमुळे पाण्याचा एक रेणू बाहेर पडला तर झाडाच्या खालच्या भागातून पाण्याच्या पृष्ठताण निर्मित बलामुळे पाण्याचा एक रेणू पुरविला जातो. बारीक बारीक मुळांपासून ते पानांमधील केशिकापर्यंत पाण्याचा स्तंभ सर्वत्र अखंडित असतो. झाडाच्या वरच्या भागात हे पाणी वातावरणाच्या दाबामुळे चढत नाही. तर ते पाण्यातील संसजी बले आणि पाणी व प्रकाष्ठाची भिंत ह्यांच्यामधील आसंजनशील बले ह्यांच्या संयुक्त प्रभावाद्वारे वर चढते. ह्या अखंडित पाण्याच्या स्तंभाला संसजी आसंजनशील बलामुळे प्राप्त झालेले तन्यता सामर्थ्य हे 300 वातावरणीय दाब एवढे असते. काही कारणास्तव ह्या स्तंभात जर एखादा हवेचा बुडबुडा आला तर ही सर्व यंत्रणा बिघडते व त्यामुळे जीवनरसाच्या स्तंभाची उंची 33 फुटापर्यंत खाली येते. लाकडामध्ये प्रकाष्ठ व परिकाष्ठ ह्यांचे अनेक कक्ष असतात. ह्या प्रत्येक कक्षात अनेक

अतिसूक्ष्म उपविभाजित कक्ष असतात. अतिउंच झाडांच्या फांद्या जोराच्या वाऱ्यामुळे कशाही विचलित झाल्या तरी देखील लाकडाची विशेष संरचना व उपयोक्त नाजूक यंत्रणा (जीवनरस पुरविण्याची) यांच्याद्वारे फांद्यांना जीवनरस पुरविला जातो.

परिकाष्ठातील ऊतीद्वारे पानांतील द्रव्ये खाली कशी येतात ह्याची यंत्रणा अजूनपर्यंत नीट समजलेली नाही. कदाचित परासरण दाब ह्यासाठी कारणीभूत असेल. (द्रावणात द्राव्याची तीव्रता सर्वत्र सारखी राखण्यासाठी असलेला द्राव्याचा सार्वत्रिक कल म्हणजे परासारण).

अरे निळ्या समुद्रा

परावर्तनानंतर प्रकाशाचे ध्रुवण होते या तत्वाचा उपयोग रामन यांनी रॅलेचे मत तपासून पाहण्यासाठी केला. रामन नेहमी आपल्या खिशात निकॉल प्रिझम नेत असत. निकॉल प्रिझमच्या सहाय्याने प्रकाशाचे ध्रुवण झाले आहे का हे तपासता येते. त्याचप्रमाणे त्याच्या सहाय्याने अध्रुवित प्रकाशाचे ध्रुवण पण करता येते.) त्यांनी खिशातून निकॉल प्रिझम काढला व त्याच्यातून समुद्रापासून परावर्तित झालेल्या प्रकाशाकडे पाहिले. त्यांनी प्रिझमला त्याच्या अक्षाभोवती फिरवून पाहिले. प्रिझमच्या कोणत्या तरी अविन्यासासाठी ध्रुवित प्रकाश निकॉल प्रिझममधून जाऊ शकत नाही त्यामुळे अंधार दिसतो. ह्याचा पडताळा घेण्यासाठी त्यांनी प्रिझम अक्षाभोवती फिरविला. पण आश्चर्य असे की प्रिझममधून कोणत्याही आविन्यासासाठी अंधार न दिसता प्रिझममधून सुंदर निळा प्रकाश निर्गत झालेला दिसला. या प्रयोगावरून असे सिद्ध झाले की समुद्राचे निळेपण हे आकाशाचे समुद्रातील परावर्तन ह्याच्याशी काही अंशी निगडित आहे. पाण्याचे रेणू प्रकाशाचे विकिरण करतात आणि त्यामुळे समुद्र निळा दिसतो हे उपरोक्त साध्या पण कल्पक प्रयोगाने दाखवून दिले. ह्या प्रयोगाद्वारे त्यांना चालना मिळाली. नंतर त्यांनी वेगवेगळ्या द्रवांसाठी प्रकाशाच्या विकिरणाचा अभ्यास अनेक प्रयोगांद्वारे केला. सरतेशेवटी 'रामन इफेक्ट'चा शोध लागला. (हा परिणाम व समुद्राचे निळेपण ह्यांचा तसा काही संबंध नाही.) ह्या संशोधनाबद्दल त्यांना नोबेल पुरस्कार मिळाला.

हिवाळी बुरखा

संबंधित कोड्याचे उत्तर 'ताप व्यस्तन' ह्या चमत्काराशी निगडित आहे. हिवाळ्यात जोरदार वारे वाहत नसल्यामुळे धुरासारखे प्रदूषक सरळ उभ्या दिशेने किंवा क्षितिज समांतर दिशेने विखुरले जात नाहीत. हिवाळ्यात जमीन सुध्दा फारशी तापत नाही. त्यामुळे सूर्य क्षितिजाकडे कलू लागताच जमिनीपासून स्वच्छ आकाशाकडे उष्णतेचे प्रारण चालू होते.

त्यामुळे जमीन बरीच लवकर थंड होते. ह्याचा परिणाम म्हणून जमिनीच्या जवळ थंड हवेचा एक थर बंदिस्त होतो. या थराच्या वर गरम आणि हलकी हवा असते. सर्व साधारणपणे असे नसते. जमिनीपासून जसे जसे वर जावे तसे तसे तापमान कमी होत जाते हा नेहमीचा अनुभव. जमिनी जवळच्या थंड हवेमुळे धूर व इतर वायू थंड होऊन थंड हवेचा वरचा थर व गरम हवेचा खालचा थर ह्यांच्यामध्ये बंदिस्त होतात.

चंद्राचे भूत

सूर्य व चंद्र ह्यांच्यामध्ये पृथ्वी आली असतांना तिची चंद्रावर छाया पडते. ह्यावेळेस काही सूर्यप्रकाशाचे पृथ्वीच्या वातावरणामुळे अपवर्तन होते व हा अपवर्तित प्रकाश चंद्रावर पडतो. पाठ्यपुस्तकात स्पष्टीकरण देतांना उपरोक्त मुद्याकडे फारसे लक्ष दिलेले नसते. अपवर्तित निळ्या रंगाचा घटक बराच कमी झालेला असतो. हयाचे कारण म्हणजे सूर्यप्रकाश पृथ्वीच्या वातावरणातून जात असताना हवेच्या रेणूंमुळे त्याचे विकिरण होते. (ह्यालाच रॅले स्कॅटरींग म्हणतात) प्रकाशाचे तरंग लांबीच्या मानाने हवेच्या प्रकाशापेक्षा निळ्या रंगाच्या प्रकाशाचे जास्त प्रमाणात विकिरण करतात. ह्याच कारणामुळे रस्ते प्रकाशित करण्यासाठी निऑन लाईटपेक्षा सोडियम व्हेपर लाईट जास्त यशस्वी ठरतात. सोडियम व्हेपर लाईट पिवळसर असल्यामुळे त्याचे विकिरण बरेच कमी होत निळसर निऑन लाईटचे विकिरण त्यामानाने बरेच होते. सोडियम व्हेपर लाईटचा प्रकाश दूरपर्यंत पोहचू शकतो. खग्रास चंद्र ग्रहणाच्या वेळेस चंद्रावर पडणारा प्रकाश फिकट लाल का दिसतो हे आता तुम्हाला कळले असेलच.

पूर्ण इंद्रधनुष्य पहा

इंद्रधनुष्याचे केंद्र, आपला डोळा व सूर्य एकाच रेषेत असून सूर्य आपल्या मागे असतो. त्यामुळे पृथ्वीवर उभे राहून आपल्याला फक्त अर्धवर्तुळाकारच इंद्रधनुष्य दिसू शकते. सर्व इंद्रधनुष्यांचे खालचे अर्धवर्तुळाकार भाग (सर्व इंद्रधनुष्याचे अक्ष पृथ्वीला समांतर असतात) पृथ्वीमुळे झाकले जातात व आपल्याला दिसत नाहीत. पूर्ण इंद्र धनुष्य तेव्हाच दिसते की जेव्हा ते पृथ्वीच्या पृष्ठभागाला समांतर तयार झालेले असते. विमानातून प्रवास करताना खालच्या बाजूस ढग (पाण्याच्या छोट्या थेंबांचा समुच्चय) व खूप वरती सूर्य अशी स्थिती असते. त्यामुळे विमानातील प्रवाशास क्वचित प्रसंगी पूर्ण इंद्रधनुष्य दिसू शकते.

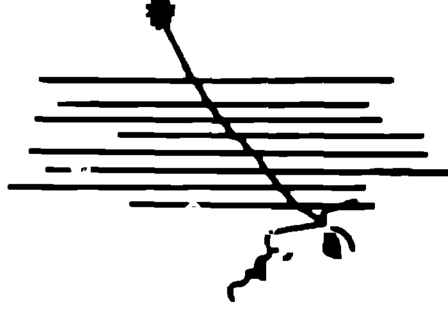
चंद्र आणि नदी

संबंधित कोड्यातील महत्त्वाचा मुद्दा म्हणजे चंद्र जमिनीपासून खूप खूप दूर आहे. त्यामानाने विमानाचे जमिनीपासूनचे अंतर अत्यंत क्षुल्लक असते. सपाट आरशासाठी पदार्थांचे अंतर व प्रतिमेचे अंतर सारखेच असते. नदीमधील चंद्राची प्रतिमा त्यामुळे खूपच दूर राहील. ह्या अंतराच्या मानाने विमानाचे अंतर बरेच कमी असल्यामुळे चंद्राच्या प्रतिमेचा आकार जमिनीवरून व विमानातून सारखाच दिसेल. तथापि आपण जसे जसे वर जाऊ तशी नदीच्या पात्राची रुंदी कमी कमी झालेली आढळेल. त्यामुळे जमिनीपासून काही उंचीवर एक ठिकाण असे येईल की त्या ठिकाणापासून खाली पाहिले असता नदीचे पात्र चंद्राच्या प्रतिबिंबापेक्षा अरूंद दिसेल.

ऑलबरचा विरोधाभास

रात्री आकाश काळे दिसण्याचे असे स्पष्टीकरण देण्यात येते की आपले विश्व हे अजून तरुण असून ते विस्तारित आहे. ह्या विस्तारणाऱ्या विश्वात दूरवर असलेले प्रकाश उगम (तारकापुंज) अजूनही आपल्या दूर जात आहेत. ह्यामुळे तारकापुंजापासून येणाऱ्या प्रकाशात दोन कारणांनी घट होते. पहिले कारण म्हणजे पृथ्वीवरील कालमापन श्रेणी व तारकापुंजावरील कालमापन श्रेणी ह्यांच्यामध्ये फरक आहे. ह्या फरकामुळे दूरच्या तारका पुंजापासून पृथ्वीवर येणाऱ्या प्रकाशाच्या दरात बदल होतो. तारकापुंजावरील घड्याळाप्रमाणे तारकापुंजांनी दिलेल्या कालखंडात उत्सर्जित केलेला प्रकाश पृथ्वीवर त्या कालखंडापेक्षा जास्त कालखंडात प्राप्त होतो. ह्या बरोबरच दुसरेही एक कारण आहे. ते म्हणजे 'विश्वस्थितीशास्त्रीय अभिरक्त विस्थापन परिणाम'. ह्या परिणामाद्वारे दृश्य प्रकाशाचा बराचसा भाग अवरक्त खंडात विस्थापित होतो. अवरक्तखंड आपल्या डोळ्यांना दिसत नाही. विश्वातील दूरच्या प्रकाश उगमांमुळे रात्री आकाश प्रकाशित होऊ शकत नाही. हे उपर्युक्त दोन कारणांच्या संयुक्त प्रभावाद्वारे स्पष्ट आहे. विश्वाची परिमित व्याप्ती व वय ह्यांच्यामुळे आकाशातील शेष चमक निरीक्षणागत पातळी पर्यंत कमी होते.

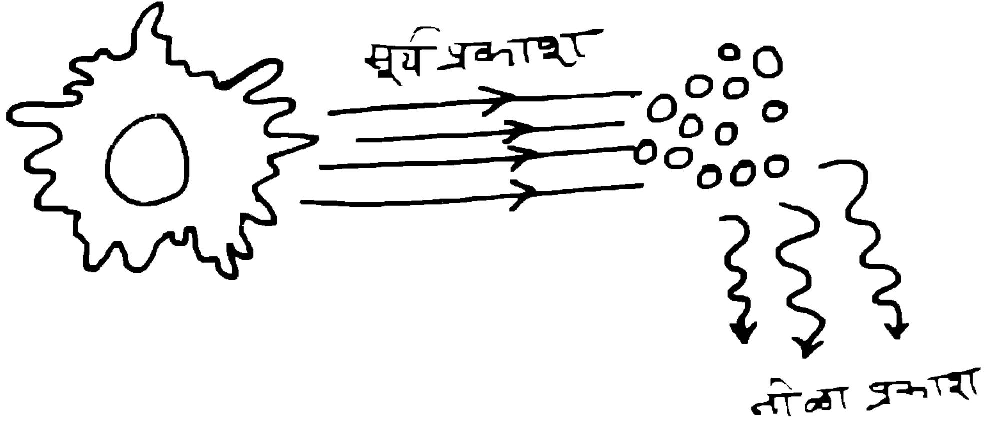
लुकलुकणारा छोटा तारा



ताऱ्यांचे लुकलुकणे हे पृथ्वीच्या वातावरणामुळे होत असते. तारे आपल्यापासून खूप दूर असल्यामुळे ते बिंदुरूप प्रकाश उद्गमस्थान म्हणून कार्य करतात. पृथ्वीच्या वातावरणांत वारा सतत वाहत असतो. हवेचे क्षुब्ध यादृच्छिक विचलन होते. ह्यामुळे आपल्याला ताऱ्याच्या जागेत बदल झालेला दिसतो. त्याचप्रमाणे त्याच्यापासून येणाऱ्या प्रकाशाच्या तीव्रतेत चढउतार झालेला दिसतो. ह्यामुळे तारे लुकलुकतात असे आपण म्हणतो. चंद्रावर वातावरण नसल्यामुळे चंद्रावरून तारे लुकलुकताना दिसत नाहीत.

उलटपक्षी ग्रह आपल्यापासून ताऱ्यांपेक्षा बरेच जवळ आहेत. ते आपल्याला छोट्या प्रकाशबिंबासारखे दिसतात. ते ताऱ्यासारखे बिंदुरूप दिसत नाहीत. पृथ्वीच्या वातावरणातील क्षुब्धतेमुळे ह्या बिंबाच्या प्रत्येक बिंदूच्या स्थानात व त्याच्यापासून येणाऱ्या प्रकाशाच्या तीव्रतेत बदल होतो. संपूर्ण बिंबाकरिता प्रत्येक बिंदूसाठी होणारे बदल परस्परांना रद्द करतात व आपल्याला ग्रहापासून संथ प्रकाश आलेला दिसतो. म्हणजेच ग्रह लुकलुकत नाहीत.

हवेचा निळा घुमट



तलावातील पाण्यात तरंग ज्याप्रमाणे पसरतात त्याचप्रमाणे सूर्य प्रकाश अवकाशात पसरत असतो. सूर्य प्रकाशाची तरंग लांबी खूप कमी असते. या तरंगाच्या दोन क्रमवर्ती शिखा किंवा द्रोणी यांच्यातील अंतर 0.00006 से.मी. च्या जवळपास असते. पृथ्वीच्या वातावरणातील हवेच्या रेणूंचा आकार खूपच कमी असतो. ह्या रेणूंवर पडणाऱ्या सूर्यप्रकाशाच्या लहरींचे एका विशिष्ट पद्धतीने विकिरण लॉर्ड रॅले ह्यांनी सर्व प्रथम सैद्धांतिक स्वरूपात असे दाखवून दिले की रेणूंवर पडणाऱ्या प्रकाशाची तरंग लांबी खूप असेल तर त्यांच्यापासून विकिरण झालेल्या प्रकाशाची तीव्रता खूप जास्त असते. सूर्यप्रकाशातील जो रंग पट्ट आपल्याला दिसतो त्यातील जांभळ्या प्रकाशाची तरंग लांबी सगळ्यात कमी असते. ह्याचा परिणाम म्हणून आपल्या डोळ्यात इतर रंगाच्या प्रकाशापेक्षा जांभळा विकीर्ण प्रकाश जास्त प्रमाणात यावयास हवा. म्हणजे आकाश जांभळे दिसावयास हवे. पण ते तर निळे दिसते. असे का व्हावे ? आकाश निळे दोन कारणामुळे दिसते. पहिले कारण म्हणजे सूर्यप्रकाशात जांभळ्या रंगापेक्षा निळ्या रंगाचे प्रमाण अधिक असते. दुसरे कारण म्हणजे आपल्या डोळ्यांची संवेदनशीलता ही जांभळ्या प्रकाशासाठी खूपच कमी असते. निळ्या प्रकाशासाठी ती बरीच जास्त असते. उत्क्रांतिद्वारे असे घडले की सूर्य प्रकाशात ज्या रंगाची विपुलता अधिक त्या रंगाच्या प्रकाशासाठी मानवी डोळ्याची संवेदनशीलता सगळ्यात जास्त. सूर्यप्रकाशात पिवळ्या रंगाची विपुलता अधिक असते. ह्या दोन कारणांमुळे प्रमुखत्वाने आपल्या दृष्टीला आकाशाचे निळेपण जाणवते.

माथ्यावरील निळे आकाश

वातावरणाच्या वरच्या थरांत ओझोन असल्यामुळे खस्वस्तिक अधिक निळसर दिसते.

रंगपट्टाच्या लाल बाजूकडील प्रकाशाचे शोषण ओझोनमध्ये जास्त होते. रंगपट्टाच्या निळ्या बाजूकडील प्रकाशाचे शोषण ओझोनमध्ये कमी होते. सूर्य नुकताच क्षितिजाखाली गेला असताना सूर्यप्रकाशाने खस्वतिकापर्यंत ओझोनच्या थरातून आक्रमिलेली पथलांबी सगळ्यात जास्त असते. परिणामी खस्वस्तिकापर्यंत येणाऱ्या सूर्यप्रकाशात लाल प्रकाशाचा बराच अभाव राहील.

अगदी क्वचित

रॉबर्ट विल्सन यांनी निरीक्षणाद्वारे काढलेले अनुमान येणे प्रमाणे. छोट्या कणाच्या ढगांमुळे सूर्य व चंद्र निळे दिसले. अलबर्टा (कॅनडा) येथील वणव्यामुळे असे ढग तयार झाले. वाऱ्यामुळे हे ढग अॅटलांटिक समुद्र पार करून एडिंबरोमध्ये आले. ढगातील हे कण म्हणजे तेलाचे अतिशय छोटे थेंब. वणव्यात जे काही जळले त्यांच्यापासून हे तेल निघून त्याचे थेंब तयार झाले. ह्या थेंबाचा आकार ही प्रकाशाच्या सरासरी तरंग लांबीशी तुलनीय होता. आता आपणास माहीत आहे की थेंबाचा आकार हा सरासरी तरंग लांबीपेक्षा खूपच कमी असला तर त्यांच्यापासून निळ्या प्रकाशाचे विकिरण अधिक होते. थेंबाचा आकार खूपच जास्त असेल तर ते सर्व रंगाच्या प्रकाशाचे विकिरण सारखेच करतात. थेंबाचा आकार सरासरी तरंग लांबी एवढा असेल तर ते लाल रंगाच्या प्रकाशाचे विकिरण जास्त करतात (निळ्या प्रकाशाचे विकिरण कमी करतात.) कॅनडातील वणव्यामुळे आलेल्या तेलाच्या थेंबाचा आकार असा होता की ते निळ्या प्रकाशापेक्षा लाल प्रकाशाचे विकिरण अधिक करीत होते. परिणामी सूर्य आणि चंद्र ह्यांचा प्रकाश ह्या ढगातून खाली आल्यावर निळा दिसत होता. खरोखरच थेंबाचा आकार असा जुळून येणे कठीणच. म्हणून अगदी क्वचितच असे दिसेल.

चंद्राचे खळे (प्रभा मंडळ)

चंद्राच्या भोवती दिसणाऱ्या पांढऱ्या वक्राकार पट्ट्याला खळे म्हणतात. प्रकाशाचे अपवर्तन आणि अपस्करण ह्यामुळे हे खळे निर्माण होते. रात्रीच्या वेळी तुम्ही आकाशात कमी जाडीचे पांढरे ढग पाहिले असतील. ह्या ढगांची जाडी फारच कमी असल्यामुळे त्यांच्यातून तुम्ही चंद्र पाहू शकता. ह्या ढगांत बर्फाचे छोटे स्फटिक असतात. त्या स्फटिकांचा आकार षटकोनी असतो. चंद्रापासून येणारे प्रकाश किरण ह्या स्फटिकांमधून जातांना त्याचे अपवर्तन आपल्याला माहीत आहेच. अपवर्तनाबरोबर प्रकाश किरणांचे अपस्करण देखील होते. अपस्करणाच्या क्रियेत प्रकाश किरणांचे त्याच्या घटक रंगात विलगीकरण होते. खळ्याच्या

केंद्राच्या दृष्टीने बर्फाचे षटकोनी स्फटिक सर्व दिशांना सममितरित्या विखुरलेले असल्यामुळे खळे वर्तुळाकार दिसते. खरे म्हणजे खळे फिकट गुलाबी दिसते. ते पांढरे दिसत नाही. कारण रंगपट्टाचा मधला गुलाबी रंग स्पष्ट दिसतो तर रंगपट्टाचा बाह्य निळसर भाग आकाशाच्या पार्श्वभूमीत विलीन होतो.

शब्दावली

अपकेंद्री बल	Centrifugal force
अपवर्तन	Refraction
अपवर्तनांक	Refractive index
अपस्करण	Dispersion
अपसारी किरण	Divergent ray
अप्रगामी तरंगा	Standing wave
अंतर्गत पुनःस्थापी बल	Internal restoring forces
अर्धपारदर्शक	Semitransparent
अधोगामी दाब	Downword pressure
अन्वस्तीय मार्ग	Parabolic path
अन्वीक्षा व प्रमाद	Trial and error
अनुकूलन	Adaptation
अनुवर्ती फटके	Follow shots
अभिघात तरंग	Shock wave
अवमंदन	Dampening
अवरक्त	Infra red
अविन्यास	Configuration
असंपीड्य द्रायू	Incompressible fluids
आकुंचन	Contraction
आघूर्ण	Torc
आदर्श द्रायू	Ideal fluid
आंतरकणीय	Inter particle
आंतरिक उर्जा	Internal energy
आपाती किरण	Incident ray
आपाती कोन	Incident angle

आपाती प्रकाश	Incident light
आभासी बल	Psuedo force
आभ्राम	Spin
आवर्तीता	Periodicity
आवर्ती प्रतिमा	Recurrent image
आवर्ती क्रमविक्षण	Horizonal scanning
आसंजनशीलता	Adhesivity
आसंजनशील बल	Adhesive force
औष्णिक वाहकता	Heat conductivity
इंधांक	Ignition point
इलेक्ट्रॉन शलाका	Electronic beam
उच्च तरंग लांबी	Long wave length
उच्च विभव	High tension
उच्छ्वसन	Transpiration
उर्जा	Energy
उर्जा अक्षय्यता	Conservation of energy
उत्कलनांक	Boiling point
उत्प्रणोह	Upthrust
उत्सर्जन	Emission
उती	Cell
उर्ध्वगामी प्लावक बल	Upward buyoyant force
उर्ध्वपतीत	Distilled
उर्मिका	Ripple
उष्माधारकता	Heat capacity
उष्णतेचा दुर्वाहक	Bad conductor of heat
क्रमवर्ती द्रोणी	Successive troughs
क्रमवर्ती शिखा	Successive crest
काटछेद	Cross section
कालमापन श्रेणी	Time scale
क्रांतिक मूल्य	Critical value
क्रांतिक वेग	Critical speed
केशीनलिका	Capillary glass tube
कोनीय गती	Angular motion
कोनीय वेग	Angular velocity

कोनीय संवेग	Angular momentum
खस्वस्तिक	Zenith
गतिकी	Dynamics
गतिमान थर	Moving layers
गुरूत्वतरंग	Gravity waves
गुरूत्वमध्य	Centre of gravity
गुरूत्वाकर्षण	Force of gravity
घटीवत् प्रतिघटीवत	Clockwise, anticlockwise
घर्षण	Friction
घर्षण बल	Force of friction
घुर्णन	Rotation
घुर्णन गतिज उर्जा	Rotational kinetic energy
घुर्णन उर्जा	Rotational energy
घुर्णी भांडे	Rotational vessel
चुंबकत्व	Magnetisim
छिद्रस्वरक	Hole tone
जडत्व	Inertia
जडत्व आघूर्ण	Rotational inertia
जडत्वाचे नियम	Laws of inertia
जडत्वीय वेग	Inertial velocity
ज्वलनांक	Burning point
टॅपेटम ल्युसीडम	A layer present in the eyes of cat family
तपमान	Temperature
तन्यता सामर्थ्य	Tensile strength
त्वरण	Acceleration
त्वरणित प्रभार	Acclerated charge
तापमापी	Thermometer
तापव्यस्तन	Temperature inversion
ताणलेले प्रत्यास्थी पटल	Streched elastic membrane
त्रिमिती स्वनिक श्रवण	Stereophonic hearing
त्रिज्या	Radius
द्रवणांक	Melting point
द्रवाचे परिनलन	Rotation of liquids
दंडपेशी	Rod cells

दाब	Pressure
दाबकंपने	Rapid pressure variation
दाबभिन्नता	Difference in pressure
द्रायू	Fluid
द्वितीय प्रवाह	Secondary flow
दृकचक्र	Visual cycle
दृकपटल	Retina
दोलन	Oscillation
दोलनी संहति	Oscillating systems
ध्वनीलहरी	Sound waves
ध्वनीक्षेपक	Loudspeaker
धूरण	Polarisation
धूहार	Smog
नदीचे पात्र	Channel
निर्गत	Emerge
निरिक्षणागत पातळी	Observational level
निर्वात	Vacuum
निश्चिती	Determinism
नैसर्गिक निवडीसाठी उत्क्रांती	Evolution by natural selection
परावर्तन	Reflection
परासरण दाब	Osmotic pressure
परिणामी बल	Resultant pull
प्रकाशउर्जा	Light energy
प्रकाशग्राही पेशी	Light absorbant cells
प्रकाशीय गुणधर्म	Optical property
प्रकाश रसायनिक पदार्थ	Photochemical product
प्रकाशाची वारंवारिता	Frequency of light wave
प्रकाश वेग	Velocity of light
प्रकाश संवेदी पेशी	Light reflecting cells
प्रकाश संश्लेषण	Photosynthesis
प्रकाष्ठ	Phloem
प्रतल	Plane
प्रत्यस्थी	Elastic
प्रतिकर्षण	Repulsion

प्रथिन	Protein
प्रधान चेंडू	Cue ball
प्रबलन	Reinforcement
प्रयुक्त बल	Exertion of force
प्रसर्प	Sweep
प्रसर्प वारंवारिता	Sweep frequency
प्रसरण	Expansion
प्रक्षेपण वेग	Velocity of projection
पाया	Base Area
प्रापण प्रवाह	Convection current
प्रारण	Radiation
प्लावक बल	Buyoyant force
प्रावस्था फरक	Phase difference
पृष्ठताण	Surface Tension
पृष्ठताणाची वक्रता	Curvature of the surface
पोकळी	cavity
फ्रॉडेचा अंक	Froude's number
फिल्म प्रक्षेपण	Film projection
बर्हिवक्र आरसा	Convex mirror
बाष्पीभवन	Evaporation
बाह्य बल	External force
भ्रमी वलय	Vortex rings
भौतिक तुला	Scales of balance
मज्जातंतुतील आवेग	Nerve impulse
यादृकच्छिता	Randomness
रेषीय गती	Linear motion
रेषीय चाल	Linear spread
रैणव रचना	Molecular structre
रोध	Electrical resistance
रंजकद्रव्य	Pigment
लघुपथित	Short Circuit
लोटण गती	Rolling motion
लंब अक्ष	Perpendicular axis
वजन	Weight

वलय	Vortex
वस्तुमान	Mass
व्यतिकरण	Interference
वास्तव द्रायू	Real fluids
विकिरण	Scattering
विकिरण कोन	Angle of scattering
विचलन	Deflection
विजातीय प्रभार	Opposite electrical charge
विद्युत चुंबकीय तरंग	Electro magnetic waves
विद्युत धारा	Electric current
विद्युत बल प्रयुक्ती	Exertion of electrical force
विद्युत मंडळ	Electrical circuit
विद्युत स्थितीक	Electrostatic
विद्युत प्रभार	Electric charge
विभवांतर	Voltage drop
विरूपन	Distortion
विलगीकरण	Splitting
विवर्तन	Defraction
विश्वस्थितीशास्त्रीय अभिरक्त विस्थापन	Cosmological red shift
विष्यंदी	Viscous
विष्यंदी प्रत्यास्थीता	Visco-elastic
विसरित विकिरण	Diffused scattering
विस्थापन	Displacement
विक्षोभ	Disturbance
वीज	Electricity
व्युत्क्रमण	Reversal
शंकूपेशी	Cone cells
सजातीय रेणू	Similar Molecules
सर्पिलाकार	Helical
स्पर्शकोन	Angle of contact
समदैशिकता	Isotropy
सममिती	Symmetry
समोष्ण	Adiabatic
स्वरमान	Pitch

ससंजीबल	Cohesive force
स्थानांतरणीय	Translational
स्थानांतरणीय उर्जा	Translational energy
सापेक्षता	Relativity
सामीप्य	Proximity
सार्वज्त्रक कल	Universal tendency
स्थिर थर	Stationary Layer
स्थिरभास अवस्था	Stroboscopic stage
स्थिरभास प्रतिमा	Stroboscopic image
सुवाही	Laminar flow
संघनन	Condenscetion
संपीडन	Compression
हवेचा दाब	Air pressure
हेलियम	Helium
व्होडोस्पीन	A protein earlier known as Visual Purple
क्षुब्धता	Turbulence.
क्षुब्ध यादृच्छिक विचलन	Random deviation
क्ष किरणे	'X' rays

Printed at : Gayatri Offset Press, Noida